

МІНІСТЕРСТВО УКРАЇНИ З ПИТАНЬ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
ТА У СПРАВАХ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ ВІД НАСЛІДКІВ
ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ КАТАСТРОФИ

УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

ПРОБЛЕМИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Випуск 4
(присвячується 10-річчю МНС України)

Зареєстрований Державним комітетом
телебачення і радіомовлення України

28 лютого 2006 року
Серія КВ № 11041

Затверджено до друку Вченою радою
УЦЗ України
(протокол № 2 від 26.10.2006 р.)

Харків 2006

УДК 004.52+004.56+004.8+331.101+331.436(083.13)+341.3+351.861+
355.77+504.064.36+519.8+541.135.27(048)+614.355+614.8+614.84+
614.842+621.182:2.44+621.373:772.99+621.396.98:355.77+
621.397:681.32+625.7+658.345:(622.323+622.324)+681.3

Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. УЦЗ України.
Вип. 4. – Харків: УЦЗУ, 2006. – 288 с.

Видання засноване у 2005 році. Включене до переліку видань ВАК України (постанова Президії № 1-05/7 від 04.07.2006 р.).

Наведені результати наукових досліджень у галузі забезпечення цивільного захисту. Розглядаються організаційно-технічні аспекти вдосконалення системи цивільної оборони, що відображають сучасні методи підвищення ефективності цивільного захисту та тенденції розвитку наукових досліджень в даній галузі.

Матеріали призначені для інженерно-технічних робітників цивільного захисту, професорсько-викладацького складу, ад'юнктів, слухачів та курсантів вищих навчальних закладів.

Іл. – 63, табл. – 25

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ: д-р техн. наук, проф. *Ю.О. Абрамов* (відп. ред.), д-р техн. наук, проф. *Е.В. Бодяньський*, д-р хім. наук, проф. *В.Д. Калугін*, д-р техн. наук, проф. *В.М. Комяк*, д-р техн. наук, проф. *В.І. Кривцова*, д-р техн. наук, проф. *Л.М. Куценко*, д-р техн. наук, проф. *О.М. Ларін*, д-р техн. наук, проф. *Е.Ю. Прохач*, д-р техн. наук, проф. *В.В. Соловей*, д-р фіз.-мат. наук, проф. *О.П. Созник*, д-р техн. наук, проф. *І.Б. Туркін*, д-р фіз.-мат. наук, проф. *С.В. Яковлев*, д-р техн. наук, проф. *Р.А. Яковлева*

Рецензенти: д-р техн. наук, проф. О.Н. Фоменко
д-р техн. наук, проф. О.Г. Руденко

Издание основано в 2005 году. Включено в перечень изданий ВАК Украины (постановление Президиума № 1-05/7 от 04.07.2006 г.)

Представлены результаты научных исследований в области обеспечения гражданской защиты. Рассматриваются организационно-технические аспекты совершенствования системы гражданской обороны, отражающие современные методы повышения эффективности гражданской защиты и тенденции развития научных исследований в данной области.

Материалы предназначены для инженерно-технических работников гражданской защиты, профессорско-преподавательского состава, адъюнктов, слушателей и курсантов высших учебных заведений.

ЗМІСТ

<i>Абрамов Ю.О., Грінченко Є.М., Шевченко Р.І.</i> Нормативно-правове забезпечення моніторингу надзвичайних ситуацій.....	6
<i>Абрамов Ю.А., Коврегін В.В., Витько М.Н.</i> Модели чувствительного элемента датчика первичной информации системы мониторинга локального типа	10
<i>Абрамов Ю.О., Тютюник В.В., Шевченко Р.І.</i> Аналіз хімічно небезпечного стану регіонів України	16
<i>Аветисян В.Г., Тригуб В.В.</i> Про використання „косинки рятувальної” для евакуації людей з будівель підвищеної поверховості.....	29
<i>Альбоцій О.В.</i> Підходи до визначення впливу рівня підготовки особового складу підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту на ефективність їх професійно-службової діяльності	34
<i>Андронов В.А., Крайнюк О.В., Буц Ю.В., Семків О.М.</i> Оцінка можливості створення екологічно небезпечної ситуації при використанні у будівництві фосфогіпсу та золошлаків	41
<i>Бабенко О.В., Лісняк А.А.</i> Аналіз шляхів зниження екологічних наслідків пожеж	49
<i>Барбашин В.В., Попов И.И., Толкунов И.А., Ромин А.В.</i> Оценка экологического состояния среды обитания защитных сооружений гражданской обороны	54
<i>Барбашин В.В., Фесенко Г.В., Рютін В.В.</i> Особливості прогнозування забруднення рік небезпечними хімічними речовинами для різної пори року	61
<i>Безуглов О.Е.</i> Влияние внешних силовых полей на противозносные свойства рабочих жидкостей для гидроприводов специальной техники.....	68
<i>Безсонний В.Л.</i> План створення системи екологічного моніторингу в зоні антропогенних впливів об'єктів підвищеної небезпеки.....	75
<i>Буц Ю.В., Цимбал В.А.</i> Аналіз водного балансу території з метою зниження рівня підземних вод.....	84
<i>Васильченко А.В., Ляшок Л.В.</i> Полианилиновый молекулярный сенсор.....	89
<i>Дудак С.О., Хоменко В.С.</i> Надзвичайна ситуація на об'єкті як схематичне відображення логічної системи послідовних процесів	93

<i>Залевский Г.С., Фещенко А.Б., Фещенко К.Б., Щербак Г.В.</i> Учет влияния дисперсной среды распространения сигналов в задачах радиолокационного подповерхностного зондирования взрывоопасных предметов	97
<i>Захаренко О.В., Созник А.П.</i> Определение зон заражения при разрушении резервуара с метанолом на открытом складе химического предприятия	106
<i>Калашников А.А., Поляк Т.Ю., Рашкевич С.А.</i> Компьютерное моделирование компоновки оборудования в кузовах аварийно-спасательных автомобилей.....	114
<i>Квітковський Ю.В.</i> Визначення параметрів ударної хвилі, що утворюється під час вибуху газоповітряної суміші.....	120
<i>Климчук Ю.В.</i> Функції цивільної оборони під час збройних конфліктів	124
<i>Ковалев П.А., Стрелец В.М., Нередков Р.А.</i> Особенности обоснования комплексных нормативов для практических занятий.....	129
<i>Ковалев П.А., Щербак С.Н., Гусяков В.М.</i> Особенности аварийно-спасательных работ на высоте в изолирующих аппаратах	133
<i>Коленов О.М.</i> Особливості підготовки особового складу підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту.....	141
<i>Комяк В.М., Радченко О.А.</i> Постановка задачі розміщення сховищ цивільної оборони.....	149
<i>Кривцова В.И., Ключка Ю.П., Грушко А.И.</i> Характеристики процесса генерации водорода с использованием СВС-реакций.....	153
<i>Курская Т.Н., Сидоренко Г.С., Чернобай Г.А.</i> Повышение точности и безопасности измерений температуры контактными датчиками на основе малогабаритных реперных точек	162
<i>Михайлюк О.П., Олійник В.В.</i> Ідентифікація об'єктів підвищеної небезпеки як складова забезпечення рівня техногенної безпеки	167
<i>Новожилова М.В., Овечко К.А.</i> Методы выбора варианта построения автоматизированной системы предупреждения чрезвычайных ситуаций.....	172
<i>Петренко А.В., Вамболь С.А., Мищенко И.В.</i> Пути осуществления мониторинга технического состояния опасных грузов при транспортировке	179

<i>Пономарьов В.О., Кулаков О.В., Райз Ю.М.</i> Імовірність відмови кабельного виробу в залежності від зміни опору його ізоляції в часі	186
<i>Пруський А.В., Калугін В.Д.</i> Газові пожежні сповіщувачі на базі напівпровідникових сенсорів. питання хибних спрацювань	190
<i>Садковой В.П., Абрамов Ю.А.</i> Динамические характеристики распылителей воды	198
<i>Селеенко Е.Е.</i> Исследование искажений сложных сигналов в задачах радиолокационного зондирования объектов при проведении поисково-спасательных работ	202
<i>Сенчихин Ю.Н., Каракулин Б.В., Сенчихин В.Ю.</i> Разработка новых имитационных средств обстановки чрезвычайных ситуаций и методика их применения	207
<i>Соболь О.М.</i> Моделювання раціонального розбивання міста на райони виїзду пожежно-рятувальних підрозділів	213
<i>Соловей В.В., Давидюк О.В., Буц Ю.В.</i> Анализ и оценка риска аварий – основа принятия решений при управлении промышленной безопасностью	219
<i>Стрілець В.М., Лапшин О.В., Савельєв Д.І.</i> Розробка пропозицій щодо використання апаратів на хімічно пов'язаному кисню.....	232
<i>Тарасенко А.А., Абрамов Ю.А.</i> Критерий оптимизации при ликвидации чрезвычайной лесопожарной ситуации.....	241
<i>Третьяков О.В.</i> Автоматизированный лазерный комплекс оперативного контролю концентрації забруднюючих речовин на рівні джерела викидів в атмосферу	245
<i>Третьяков О.В.</i> Вплив гомогенної кристалізації на утворення відкладень важкорозчинних сполук на теплопередаючих поверхнях	251
<i>Чижев В.Ф., Макаренко В.Г., Подорожняк А.А., Рудаков С.В.</i> Предложения по использованию интегрированной малогабаритной EMS/GPS/ГЛОНАСС навигационной системы для контроля и управления подвижными средствами при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.....	258
<i>Чуб И.А., Добротворский С.С.</i> Иерархическая модель системы управления техногенной безопасностью	264
<i>Шматко А.В., Неронов А.А.</i> Использование теории R-функций в задаче идентификации источников загрязнения .	270

УДК 351.861

*Абрамов Ю.О., д-р техн. наук, гол. наук. співр., УЦЗУ,
Грінченко Є.М., наук. співр., УЦЗУ,
Шевченко Р.І., канд. техн. наук, начальник ЛДПМНС, УЦЗУ*

НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОНІТОРИНГУ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

В роботі наведені зміни до проекту першої редакції ДСТУ „Моніторинг. Терміни та визначення основних понять.” Приведені зміни у більш повному обсязі розкривають зміст понять та визначень у сфері забезпечення моніторингу надзвичайних ситуацій

Постановка проблеми. Надзвичайні ситуації природного та техногенного характеру сьогодні є невід’ємною складовою розвитку сучасного суспільства. Не зважаючи на досягнення технічного прогресу вони приймають все більш загрозливі форми і прояви. В першу чергу це все пов’язано зі значним приростом населення, поширенням урбанізації, та технічним прогресом. У такій ситуації перехід до сталого розвитку недосяжний без різкого підвищення рівня та ефективності попереджувальних заходів, що знижують небезпеку, масштаб та наслідки надзвичайних ситуацій. У свою чергу таке підвищення неможливе без розвитку систем попередження та служб моніторингу за надзвичайними ситуаціями [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для створення та розвитку різноманітних служб з попередження катастроф необхідно мати розвинену нормативну та законодавчу базу. Але до теперішнього часу в Україні не було стандартизовано навіть термінологію, яка визначає терміни та визначення основних понять моніторингу. В наслідок цього виникають непорозуміння з використанням термінології, в більшості випадків доводиться користуватися посиланнями на стандарти інших країн, наприклад Росії [2, 3].

Постановка завдання та його вирішення. В стадії розробки знаходиться ДСТУ Моніторинг. Терміни та визначення основних понять [4]. Втім, на наш погляд, певна частина термінів потребує корегування та приведення їх до загальноєвропейських норм викладення.

Так необхідно внести зміни до тлумачення наступних термінів:

Моніторинг, а саме визначити це поняття наступним чином:

Спостереження за станом навколишнього середовища з метою контролювання і прогнозування зміни його стану, а також його охорони. Проводиться за допомогою космічних, повітряних, морських та наземних засобів.

Навколишнє природне середовище —

Сукупність суто природних і змінених діяльністю людини елементів природного середовища, що разом і кожний окремо впливають на людину та її оточення – частина природного середовища.

Спостереження за станом навколишнього середовища —

Система заходів, що забезпечують визначення параметрів, які характеризують стан навколишнього середовища, окремих його елементів, видів впливу (техногенних, природних чинників) і за допомогою яких відстежуються природні, фізичні, хімічні, біологічні процеси, що відбуваються в ньому.

Аналізування інформації щодо стану навколишнього середовища —

Збір, наукове дослідження, оброблення та оцінювання інформації щодо стану навколишнього середовища.

Прогнозування надзвичайної ситуації —

Завчасне передбачення вірогідності виникнення і розвитку НС на підставі аналізування можливих причин її виникнення, які зумовлені дією джерела небезпеки в минулому або тепер.

Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій —

Підготовка та реалізація комплексу правових, організаційних, соціально-економічних, політичних, технічних, санітарно-гігієнічних та інших заходів, спрямованих на забезпечення техногенної та природної безпеки, проведення оцінки рівнів ризику, завчасне реагування на загрозу виникнення НС, що засновуються на даних моніторингу (спостережень), експертизи, досліджень та прогнозів щодо можливого перебігу подій з метою недопущення їх переростання у надзвичайну ситуацію або пом'якшення її можливих наслідків (ДСТУ 3891-99).

Моніторинг небезпечних природних явищ та процесів —

Регулярне спостереження і контролювання за розвитком небезпечних природних явищ і процесів в навколишньому природному середовищі, за чинниками, які обумовлюють (спричинюють)

їх формування і розвиток, прогнозування його змін, розроблення науково-обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень щодо запобігання виникненню, ліквідації НС та їх наслідків, або по зниженню шкоди, що вони приносять.

Моніторинг небезпечних геологічних явищ та процесів —

Регулярні спостереження і контролювання за розвитком геологічних явищ і процесів з метою своєчасного виявлення та прогнозування розвитку небезпечних геологічних явищ та процесів, які впливають на стан навколишнього середовища, умови проживання людей та об'єкти господарювання, розроблення науково-обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень з питань запобігання виникненню, ліквідації НС та їх наслідків.

Моніторинг небезпечних гідрологічних явищ і процесів —

Регулярні спостереження і контролювання за розвитком гідрологічних явищ і процесів з метою своєчасного виявлення та прогнозування розвитку небезпечних гідрологічних явищ та процесів, які впливають на стан навколишнього середовища, умови проживання людей та об'єкти господарювання, розроблення науково-обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень з питань запобігання виникненню, ліквідації НС та їх наслідків.

Моніторинг небезпечних метеорологічних явищ і процесів —

Регулярні спостереження і контролювання, збирання, аналізування інформації щодо стану атмосфери в конкретному районі на визначений момент чи період часу, обумовлений фізичними процесами, що відбуваються в ній з метою своєчасного виявлення та прогнозування розвитку небезпечних метеорологічних явищ та процесів, які впливають на стан навколишнього середовища, умови проживання людей та об'єкти господарювання, розроблення науково-обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень з питань запобігання виникненню, ліквідації НС та їх наслідків.

Епідемія —

Масове, таке, що прогресує у часі поширення інфекційних хвороб за короткий проміжок часу у межах певного регіону, коли показник захворюваності серед населення значно перевищує її звичайний рівень, характерний для даної інфекційної хвороби в умовах певної місцевості.

Епізоотія —

Масове, таке що прогресує, розповсюдження у часі і проростові інфекційної хвороби єдиної етіології серед великої кількості одного чи багатьох видів тварин, на території не менше одного ра-

йону, що значно перевищує звичайний зареєстрований рівень захворюваності на цій території.

Небезпечне геологічне явище —

Подія геологічного походження або наслідок дії геологічних процесів, які виникають у земній корі, що спричинені природними чи техногенними чинниками або їх сукупністю, внаслідок чого відбуваються різкі зміни рельєфу земної поверхні, що можуть призвести (призводять) до ураження людей, об'єктів економіки та навколишнього середовища (ДСТУ 3994).

Потенційно небезпечний об'єкт —

Об'єкт, на якому можуть використовуватися або використовуються, переробляються, зберігаються чи транспортуються небезпечні речовини, біологічні препарати, а також інші об'єкти, що за певних обставин можуть створювати реальну загрозу виникнення надзвичайної ситуації.

Висновки. На наш погляд викладення термінів, що приведені в цій роботі в такій редакції є більш коректним. Така редакція краще задовольняє міжнародній практиці в галузі моніторингу. Надалі використання стандартизованих термінів наблизить Україну до рівня європейських стандартів, що спростить євроінтеграцію.

ЛІТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.О, Грінченко Є.М., Кірючкін О.Ю. та ін. Моніторинг надзвичайних ситуацій. Підручник. Вид-во: АЦЗУ м. Харків, 2005. — 530 с.
2. ГОСТ Р 22.1.02-95 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование. Термины и определения.
3. ГОСТ Р 22.1.07-99 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование опасных метеорологических явлений.
4. ДСТУ (проект, перша редакція) Безпека у надзвичайних ситуаціях. Моніторинг. Терміни та визначення основних понять. Розробники: Корепанова Н., Кучма М., Швець Р., Ющенко.

УДК 614.8

*Абрамов Ю.А., д-р техн. наук, гл. науч. сотр., УГЗУ,
Коврегин В.В., проректор, УГЗУ,
Витько М.Н., магистр, УГЗУ*

МОДЕЛИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА ДАТЧИКА ПЕРВИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЛОКАЛЬНОГО ТИПА

Получены выражения для усредненных по объему переходной и передаточной функций чувствительного элемента датчика первичной информации системы мониторинга для одного из опасных факторов чрезвычайных ситуаций

Постановка проблемы. Обнаружение опасных факторов чрезвычайных ситуаций осуществляется с помощью систем мониторинга различного уровня. Однако все эти системы должны обладать высоким быстродействием. Повышение быстродействия систем мониторинга опасных факторов чрезвычайных ситуаций обуславливает поиск как новых физических принципов для построения, в частности, датчиков первичной информации (ДПИ), так и создание оптимальных алгоритмов обработки информации и формирования управленческих решений. Во втором случае необходимо располагать математическими моделями, которые описывают процесс получения первичной информации.

Анализ последних исследований и публикаций. Общие принципы построения глобальных систем мониторинга применительно к чрезвычайным ситуациям изложены в [1, 2]. Примеры построения локальных систем мониторинга, в частности, аэрокосмических систем, приведены в [3].

Применительно к системам мониторинга опасных факторов, которые имеют место при пожарах, наиболее полная информация содержится в [4]. В [5, 6] отмечается, что можно выделить несколько физических принципов и эффектов для реализации одного из основных элементов локальных систем мониторинга – датчиков первичной информации. Одним из таких физических эффектов, который открывает новые возможности при совершенствовании характеристик систем мониторинга опасных факторов пожаров, является эффект памяти формы.

Следует отметить, что достаточно строгого математического описания процессов, имеющих место в таком чувствительном элементе ДПИ, нет.

Постановка задачи и ее решение. Пусть в качестве чувствительного элемента ДПИ системы мониторинга одного из опасных факторов пожара используется сплав, обладающий эффектом памяти формы. Такой элемент имеет форму сплошного цилиндра, радиус и высота которого соответственно равны R и L .

Тепловые процессы в таком элементе описываются уравнением

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) \quad (1)$$

с начальными и граничными условиями

$$\begin{aligned} T(r, z, 0) = T_0; \quad \left. \frac{\partial T}{\partial r} \right|_{r=R} &= -h[T(R, z, t) - T_c]; \\ \left. \frac{\partial T}{\partial z} \right|_{z=0} &= 0; \quad \left. \frac{\partial T}{\partial z} \right|_{z=L} &= -h[T(r, L, t) - T_c], \end{aligned} \quad (2)$$

где a – коэффициент температуропроводности материала; h – относительный коэффициент конвективного теплообмена; T_0 и T_c – начальное и конечное значения температуры окружающей среды.

Если ввести обозначение $\theta(r, z, t) = T(r, z, t) - T_0$, то система (1), (2) трансформируется к виду

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \theta}{\partial r} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \right); \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \theta(r, z, 0) = 0; \quad \left. \frac{\partial \theta}{\partial r} \right|_{r=R} &= -h[\theta(R, z, t) - \theta_0]; \\ \left. \frac{\partial \theta}{\partial z} \right|_{z=0} &= 0; \quad \left. \frac{\partial \theta}{\partial z} \right|_{z=L} &= -h[\theta(r, L, t) - \theta_0], \end{aligned} \quad (4)$$

где учтено соотношение $\theta_0 = T_c - T_0$.

Подвергнем уравнение (3) интегральному косинус-преобразованию Фурье [7]

$$\bar{\theta}(r, \lambda_n, t) = \int_0^L \theta(r, z, t) \cos \lambda_n \frac{z}{L} dz, \quad (5)$$

где λ_n – положительные корни трансцендентного уравнения

$$\operatorname{ctg} \lambda = \frac{\lambda}{hL}. \quad (6)$$

С учетом граничных условий (4) применение оператора (5) к уравнению (3) переводит его к следующему виду

$$\frac{d\bar{\theta}}{dt} = a \left(\frac{d^2\bar{\theta}}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d\bar{\theta}}{dr} \right) + ah\theta_0 \cos \lambda_n - a \left(\frac{\lambda_n}{L} \right)^2 \bar{\theta}. \quad (7)$$

Применим к этому дифференциальному уравнению интегральное преобразование Ханкеля [7]

$$\bar{\bar{\theta}}(\mu_k, \lambda_n, t) = \int_0^R r J_0 \left(\mu_k \frac{r}{R} \right) \bar{\theta}(r, \lambda_n, t) dr, \quad (8)$$

где μ_k – положительные корни трансцендентного уравнения

$$\frac{J_0(\mu)}{J_1(\mu)} = \frac{\mu}{hR}. \quad (9)$$

Здесь $J_0(\mu)$ и $J_1(\mu)$ – функции Бесселя нулевого и первого порядков соответственно.

Кроме того, учтем, что имеет место следующее соотношение

$$\int_0^L \left(\frac{\partial \theta}{\partial r} \Big|_{r=R} + h\theta(r, z, t) \right) \cos \lambda_n \frac{z}{L} dz = \int_0^L h\theta_0 \cos \lambda_n \frac{z}{L} dz = \frac{hL\theta_0}{\lambda_n} \sin \lambda_n. \quad (10)$$

После соответствующего преобразования получим дифференциальное уравнение

$$\frac{d\bar{\theta}}{dt} + a \left[\left(\frac{\lambda_n}{L} \right)^2 + \left(\frac{\mu_k}{R} \right)^2 \right] \bar{\theta} = ahRJ_0(\mu_k) \left[\frac{L}{\lambda_n} \sin \lambda_n + h \left(\frac{R}{\mu_k} \right)^2 \cos \lambda_n \right] \theta_0, \quad (11)$$

котроре для начальных условий (4) имеет следующее решение

$$\begin{aligned} \bar{\theta}(\mu_k, \lambda_n, t) = & \left[\left(\frac{\lambda_n}{L} \right)^2 + \left(\frac{\mu_k}{R} \right)^2 \right]^{-1} \left[\frac{L}{\lambda_n} \sin \lambda_n + h \left(\frac{R}{\mu_k} \right)^2 \cos \lambda_n \right] \times \\ & \times hRJ_0(\mu_k) \theta_0 \left[1 - \exp \left[-a \left[\left(\frac{\lambda_n}{L} \right)^2 + \left(\frac{\mu_k}{R} \right)^2 \right] t \right] \right]. \end{aligned} \quad (12)$$

Применяя к этому выражению последовательно формулы обращения для интегральных косинус-преобразований Фурье и Ханкеля, окончательно получаем

$$\begin{aligned} \theta(r, z, t) = & \frac{4h\theta_0}{RL} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{k=1}^{\infty} \left[\frac{L}{\lambda_n} \sin \lambda_n + h \left(\frac{R}{\mu_k} \right)^2 \cos \lambda_n \right] \left[1 + h^2 \left(\frac{L}{\lambda_n} \right)^2 \right] \times \\ & \times \left(J_0(\mu_n) \left[1 + h^2 \left(\frac{R}{\mu_k} \right)^2 \right] \left[1 + h^2 \left(\frac{L}{\lambda_n} \right)^2 + \frac{hL}{\lambda_n^2} \left[\left(\frac{\lambda_n}{L} \right)^2 + \left(\frac{\mu_k}{R} \right)^2 \right] \right]^{-1} \right) \times \\ & \times \cos \lambda_n \frac{z}{L} J_0 \left(\mu_k \frac{r}{R} \right) \times \left[1 - \exp \left[-a \left[\left(\frac{\lambda_n}{L} \right)^2 + \left(\frac{\mu_k}{R} \right)^2 \right] t \right] \right]. \end{aligned} \quad (13)$$

Выражение (13) представляет собой локальную переходную функцию чувствительного элемента ДПИ [5, 6].

В реальных условиях чувствительный элемент ДПИ реагирует на усредненное по объему значение температуры. Тогда для усредненного значения выходного сигнала чувствительного элемента ДПИ можно записать

$$\theta(t) = \frac{2}{R^2 L} \int_0^L \int_0^R r \theta(r, z, t) dr dz =$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{8h^2\theta_0}{L^2} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{k=1}^{\infty} \sin^2 \lambda_n \left[\left(\frac{L}{\lambda_n} \right)^2 + \left(\frac{R}{\mu_k} \right)^2 \right] \left[1 + h^2 \left(\frac{L}{\lambda_n} \right)^2 \right] \times \\
&\times \left(\mu_k^2 \left[1 + h^2 \left(\frac{R}{\mu_k} \right)^2 \right] \left[1 + h^2 \left(\frac{L}{\lambda_n} \right)^2 + \frac{hL}{\lambda_n^2} \left[\left(\frac{\lambda_n}{L} \right)^2 + \left(\frac{\mu_k}{R} \right)^2 \right] \right] \right)^{-1} \times \quad (14) \\
&\times \left[1 - \exp \left[-a \left[\left(\frac{\lambda_n}{L} \right)^2 + \left(\frac{\mu_k}{R} \right)^2 \right] t \right] \right].
\end{aligned}$$

Здесь учтено соотношение (6). Выражение (14) представляет собой усредненную переходную функцию чувствительного элемента ДПИ [6].

Тогда с учетом (14) можно записать выражение для усредненной передаточной функции чувствительного элемента ДПИ, т.е.

$$W(p) = \theta_0^{-1} p \mathfrak{Z}(\theta(t)), \quad (15)$$

где \mathfrak{Z} – оператор интегрального преобразования Лапласа.

Объединяя (14) и (15) получаем

$$\begin{aligned}
W(p) &= \frac{8h^2}{L^2} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{k=1}^{\infty} \sin^2 \lambda_n \left[\left(\frac{L}{\lambda_n} \right)^2 + \left(\frac{R}{\mu_k} \right)^2 \right] \left[1 + h^2 \left(\frac{L}{\lambda_n} \right)^2 \right] \times \\
&\times \left(\mu_k^2 \left[1 + h^2 \left(\frac{R}{\mu_k} \right)^2 \right] \left[1 + h^2 \left(\frac{L}{\lambda_n} \right)^2 + \frac{hL}{\lambda_n^2} \left[\left(\frac{\lambda_n}{L} \right)^2 + \left(\frac{\mu_k}{R} \right)^2 \right] \right] \right)^{-1} \times \quad (16) \\
&\times \left[\left(a \left[\left(\frac{\lambda_n}{L} \right)^2 + \left(\frac{\mu_k}{R} \right)^2 \right] \right)^{-1} p + 1 \right].
\end{aligned}$$

В первом приближении в выражениях (14) и (16) можно положить $n = k = 1$. Такой подход целесообразно применять при решении задач, связанных с оценкой быстродействия ДПИ.

Выводы. Получены математические модели чувствительного элемента ДПИ, который имеет форму прямого кругового цилиндра и один из торцов которого теплоизолирован. Модели пред-

ставлены в виде усредненных по объему чувствительного элемента переходных и передаточных функций, что создает предпосылки для использования классических методов теории автоматического управления при решении задач анализа или синтеза систем мониторинга опасных факторов пожара.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.О., Гринченко Є.М., Кірючкін О.Ю. та ін. Моніторинг надзвичайних ситуацій. – Х.: АЦЗУ, 2005. – 530 с.
2. Абрамов Ю.А., Росоха В.Е., Тютюник В.В. и др. Основы мониторинга и управления в условиях чрезвычайных ситуаций. – Х.: АГЗУ, 2005. – 257 с.
3. Абрамов Ю.А., Тютюник В.В., Шевченко Р.И. Аэрокосмический мониторинг. – Х.: АГЗУ, 2006. – 172 с.
4. Котов А.Г. Пожаротушение и системы безопасности. – К.: Репро – Графика, 2003. – 270 с.
5. Абрамов Ю.А., Куринный Е.В. Точечные тепловые пожарные извещатели максимального типа. – Х.: АГЗУ, 2005. – 129 с.
6. Абрамов Ю.А., Гвоздь В.М. Терморезистивные тепловые пожарные извещатели с улучшенными характеристиками и методы их температурных испытаний. – Х.: АГЗУ, 2005. – 121 с.
7. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. – М.: Наука, 1968. – 720 с.

УДК 351.861

*Абрамов Ю.О., д-р техн. наук, гол. наук. співр., УЦЗУ,
Тютюник В.В., канд. техн. наук, ст. наук. співр., УЦЗУ,
Шевченко Р.І., канд. техн. наук, нач. лаб., УЦЗУ*

АНАЛІЗ ХІМІЧНО НЕБЕЗПЕЧНОГО СТАНУ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ

На підставі комбінованого методу прогнозування, запропоновано проводити визначення стану хімічної небезпеки об'єктів та територій за коефіцієнтом зміни хімічно небезпечного стану у прогнозованому періоді. Отримані основні залежності. Розроблено прогноз щодо зміни хімічно небезпечного стану регіонів України на початок 2007 року

Постановка проблеми. Аналіз інформаційних джерел щодо стану хімічної небезпеки в регіонах України та систем реагування на надзвичайні ситуації відповідного характеру, викликає занепокоєння відсутністю послідовних заходів щодо покращання існуючої ситуації [1-5].

Слід відмітити, що безпека функціонування хімічно небезпечних об'єктів залежить від багатьох чинників: фізико-хімічних властивостей сировини, характеру технологічного процесу, конструкції та надійності обладнання, умов зберігання і транспортування хімічних речовин, стану контрольно-вимірювальних приладів та засобів автоматизації, ефективності засобів протиаварійного захисту, рівня організації профілактичної роботи, своєчасності і якості планово-запобіжних ремонтних робіт, підготовленості і практичних навичок персоналу, системи нагляду за станом технічних засобів протиаварійного захисту тощо [8,12].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існуюча система класифікації як адміністративно-територіальних одиниць регіонів, так і об'єктів господарчої діяльності, здійснюється лише за ступенем хімічної небезпеки, де єдиним показником виступає кількість населення, яка може опинитись (мешкає) у зоні можливого хімічного зараження [4,5]. Цей показник є суб'єктивним, про що свідчать дані, наведені у табл. 1, і не може виступати об'єктивним критерієм класифікації об'єктів і території та відповідно прийматися у подальших розрахунках як можливих збитків (загибель людей, матеріальні втрати), так і коштів та заходів (чисельність

сил реагування, оснащення тощо), які повинні бути передбачені на їх ліквідацію.

Ступінь хімічної небезпеки в Україні (табл. 1) у порівнянні з 2002 та 2003 роками (II ступінь) зменшився та відповідає III ступеню у 2004 та 2005 роках, що, на наш погляд, зумовлено лише скороченням населення, яке постійно мешкає у зонах можливого хімічного зараження (міграція, процес урбанізації тощо не враховуються) [1-4].

Таблиця 1 - Статистичні дані щодо стану хімічної небезпеки території України

Рік	Загальний ступінь хімічної небезпеки	Кількість хімічно небезпечних АТО	Кількість хімічно небезпечних об'єктів	Кількість СДОР (тис. тон)	Кількість населення у ЗМХЗ (тис. чол.)	Наявність систем виявлення СДОР
2002	II	276	1771	300,64	21243,65	579
2003	II	434	1575	293,9	17009,38	624
2004	III	403	1560	235,57	15890,42	609
2005	III	445	1572	332,6	13823,37	678

Об'єктивні показники свідчать про досить складний (а в деяких галузях навіть критичний) стан хімічної небезпеки, завдяки майже повній зношеності обладнання, морально застарілим технологіям, відсутності ремонтної бази та виробництва комплектуючих деталей, відсутності науково обґрунтованих робіт у сфері побудови комплексних систем безпеки, які враховували б об'єктивний стан об'єктів та поведінку присутніх у технологічних процесах хімічно небезпечних речовин. Більш вдалим, на наш погляд, є поділ хімічно небезпечних об'єктів у відповідності до технології обертання хімічних речовин у виробничих процесах. За цією класифікацією всі об'єкти поділені на 59 категорій [13]. Утім і вона має ряд недоліків, а саме, детально розрізняючи об'єкти з виготовлення та переробки компонентів, що містять небезпечні хімічні сполуки, поєднує хвостосховища небезпечних хімічних речовин та продуктопроводи під загальною категорією „інші хімічно

небезпечні об'єкти" і також не дозволяє об'єктивно оцінити рівень небезпеки об'єктів.

Постановка завдання та його вирішення. Метою роботи є аналіз хімічно небезпечного стану регіонів України та класифікація адміністративно-територіальних одиниць регіонів України та відповідних об'єктів за динамікою (швидкість зростання або зменшення) прогнозуємих негативних збитків. Цей показник, у разі збереження існуючої динаміки змін кількості та якості хімічно небезпечних об'єктів (стан обладнання); небезпечних хімічних речовин, що обертаються в їх технологічному процесі; населення; систем безпеки та контролю за станом об'єктів та територій на яких вони розміщені; рівня професійної та психофізіологічної підготовки персоналу відповідних об'єктів, дозволить не тільки констатувати стан хімічної небезпеки, але й на далі спрогнозувати її зміни з метою дієвого перерозподілу існуючих матеріальних та людських резервів.

Враховуючи обмеженість існуючих на сьогодні даних щодо показників безпеки хімічно небезпечних об'єктів України, доцільним є прогнозування на базі комбінованого методу [9], що поєднує прогнозування на підставі пропорційних залежностей та багатofакторного регресивного аналізу в частині визначення коефіцієнту зміни хімічно небезпечного стану регіонів. В основі запропонованого методу містяться достатньо зрозумілі наступні припущення: по-перше, процеси виникнення аварій та надзвичайних ситуацій техногенного характеру на хімічно небезпечних об'єктах взаємопов'язані, і по-друге, мають певну інерційність. Останнє означає, що вага практичного будь-якого показника в момент аналізу (m) залежить відповідним чином від його минулого стану в моменти ($m-1, \dots, m-n$).

Якщо ці припущення розповсюдити безпосередньо на конкретні об'єкти вивчаємої групи, слід зазначити, що потенційно хімічно небезпечний об'єкт це діюча система узгоджених окремих елементів (як якісно, так і кількісно вимірююмих). Це значить, що багато показників, які не пов'язані між собою формалізованими залежностями, між тим змінюються в динамічній узгодженості. Відповідно, якщо наведена система знаходиться у стані рівноваги, то окремі її елементи не в змозі діяти хаотично, у разі варіабельності дій має певні обмеження. Відповідно інерційність, у контексті окремого об'єкту, матиме сенс лише на стабільно працюючому підприємстві при визначенні загальних показників системи без-

пеки [14]. На безпосередню поведінку факторів, які можуть призвести до аварійної ситуації, окрім їх „історії”, вагомий вплив матимуть випадкові процеси пов’язані з технологією обертання небезпечних речовин, безвідмовністю систем моніторингу та контролю, психофізіологічні обставини тощо [12].

Відповідно на макрорівні очікувані збитки $Y_{\text{прог}}^m$ дорівнюють

$$Y_{\text{прог}}^m = Y_o^{m-1} * K_{\text{зхнс}}^m,$$

де Y_o^{m-1} – збитки за останній звітний період ($m-1$); $K_{\text{зхнс}}^m$ – коефіцієнт зміни хімічно-небезпечного стану у прогнозованому періоді (m), який визначається за формулою

$$K_{\text{зхнс}}^m = K_{\text{инф}}^m * \frac{K_{\text{влN}}^m * \Delta N^m * K_{\text{влQ}}^m * \Delta Q^m * K_{\text{влL}}^m * \Delta L^m * K_{\text{влП}}^m * \Delta \Pi^m * K_{\text{влB}}^m * \Delta B^m}{K_{\text{влSб}}^m * \Delta S_{\text{б}}^m}$$

В цьому виразі:

$K_{\text{инф}}^m$ – коефіцієнт очікуваної інфляції (знецінення) у m період;

$$K_{\text{влN}}^m = \frac{1}{1 - J_{\text{обл}}} - \text{коефіцієнт небезпечних властивостей техно-$$

логічного обладнання у m період, а $J_{\text{обл}}$ – відсоток очікуваного зносу технологічного обладнання на хімічно небезпечних об’єктах у m період [$0 < J_{\text{обл}} < 1$];

$$K_{\text{влQ}}^m = \frac{\sum_{i=1}^{\phi} (4 - K_i^{\text{небез}}) * Q_i}{\sum_{i=1}^{\phi} Q_i} - \text{коефіцієнт небезпечних властивос-$$

тей сильнодіючих отруйних речовин (СДОР), які присутні у технологічному процесі, де $K_i^{\text{небез}}$ клас небезпеки, який приймає значення від (1÷3) у відповідності до діючої класифікації [6,7], Q_i – кількість i -тої СДОР, що обертається у технологічному процесі;

$$K_{влL}^m = \frac{\rho_i^{плот}}{\rho^{плот}} - \text{коефіцієнт нерівномірності впливу небезпеч-$$

них факторів хімічних аварій на населення, де $\rho_i^{плот}$ – значення щільності населення i -го регіону (території об'єкту) до $\rho^{плот}$ загальної щільності на даній території;

$$K_{влП}^m = \frac{1}{1 - \theta_{пер}} - \text{коефіцієнт психофізіологічної небезпеки, де}$$

$\theta_{пер}$ – відсоток аварій внаслідок незадовільних організаційних дій та помилок персоналу [$0 < \theta_{пер} < 1$];

$$K_{влB}^m = \frac{\rho_i^{нс}}{\rho^{нс}} - \text{коефіцієнт очікуваного небезпечного впливу зо-}$$

внішніх факторів навколишнього середовища, де $\rho_i^{нс}$ значення нестабільності природного середовища i -го регіону (території об'єкту) до $\rho^{нс}$ загального стану виникнення природних надзвичайних ситуацій на даній території;

$$K_{влSб}^m = \frac{1}{1 - \theta_{Sб}} - \text{коефіцієнт небезпеки пов'язаної з відмовами}$$

систем моніторингу та контролю за хімічно небезпечним станом об'єктів у m період, а $\theta_{Sб}$ – відсоток очікуваних відмов систем контролю та безпеки хімічно небезпечних об'єктів у m період [$0 < \theta_{Sб} < 1$];

$$\Delta N^m = \frac{N_{m-1}}{N_m} - \text{характеристика зміни кількості хімічно небез-}$$

печних об'єктів, де N_{m-1} - кількість існуючих об'єктів у період $(m-1)$, N_m - кількість об'єктів, яка прогнозується у період m ;

$$\Delta Q^m = \frac{Q_{m-1}}{Q_m} - \text{характеристика зміни кількості хімічно небез-}$$

печних речовин, що обертаються в технологічному процесі об'єктів, де Q_{m-1} - кількість існуючих СДОР у період $(m-1)$, Q_m – кількість СДОР, яка прогнозується у період m ;

$$\Delta L^m = \frac{L_{m-1}}{L_m} - \text{характеристика зміни кількості населення, яка}$$

мешкає на території можливих зон хімічного враження від хімічно небезпечних об'єктів, де L_{m-1} - кількість населення у період $(m-1)$, L_m – кількість населення, яка прогнозується у період m ;

$$\Delta\Pi^m = \frac{\Pi_{m-1}}{\Pi_m} - \text{характеристика зміни кількості обслуговуючого}$$

го персоналу на хімічно небезпечних об'єктах, де Π_{m-1} – кількість персоналу в період $(m-1)$, Π_m – кількість персоналу, яка прогнозується у період m ;

$$\Delta B^m = \frac{B_{m-1}}{B_m} - \text{характеристика зміни кількості надзвичайних}$$

ситуацій природного характеру, де B_{m-1} – кількість надзвичайних ситуацій природного характеру в період $(m-1)$, B_m – кількість надзвичайних ситуацій природного характеру, яка прогнозується у період m ;

$$\Delta S_{\sigma}^m = \frac{S_{\sigma m-1}}{S_{\sigma m}} - \text{характеристика зміни кількості систем вияв-$$

лення небезпечних хімічних речовин, де $S_{\sigma m-1}$ – кількість систем виявлення небезпечних хімічних речовин у період $(m-1)$, $S_{\sigma m}$ – кількість систем виявлення небезпечних хімічних речовин, яка прогнозується у період m .

Окремо слід зупинитися при визначенні базового показника, який би характеризував поділ на періоди під час проведення прогнозу. Так, існуюча на сьогодні методика [1-5], спирається на простий часовий поділ періодів прогнозу (рік, півріччя, квартал тощо). Цей показник не пов'язаний з показниками стану хімічної безпеки регіонів, а є лише констатацією періодів проведення вимірів (збору та отримання інформації). Більш детальний аналіз довів, що за базовий показник доречно вибрати один з наступних: зростання внутрішнього валового продукту (ВВП) (країни, регіонів); фінансування, яке виділяється на утримання об'єктів хімічно небезпечних галузей; на рівні об'єкту, це кошти, які вкладаються у забезпечення ефективного функціонування системи безпеки (модернізацію виробництва, моніторингу та контролю, підготовки персоналу тощо).

У результаті застосування наведених формул та на підставі офіційно оприлюдненої інформації щодо росту ВВП отримані результати щодо зміни якісної характеристики хімічно небезпечного стану регіонів України, що наведено в табл. 2 (де

$$\Delta VВП^m = \frac{VВП_{m-1}}{VВП_m} - \text{характеристика зміни зростання внутрішньо-}$$

го валового продукту, де $ВВП_{m-1}$ – приріст ВВП у період $(m-1)$, $ВВП_m$ – приріст ВВП, який прогнозується у період m .)

Таблиця 2 – Динаміка змін кількісних характеристик хімічно небезпечного стану України

Рік	Базовий показник $\Delta ВВП^m$	ΔN^m	ΔQ^m	ΔL^m	ΔS_6^m	$K_{зхнс}^m$
2003	1,096	0,889	0,997	0,8	1,092	3,53
2004	1,23	0,99	0,801	0,934	0,975	4,21
2005	1,26	1,01	1,411	0,869	1,113	6,16
прогноз на 2006	1,35	1,09	1,23	0,95	1,04	6,78

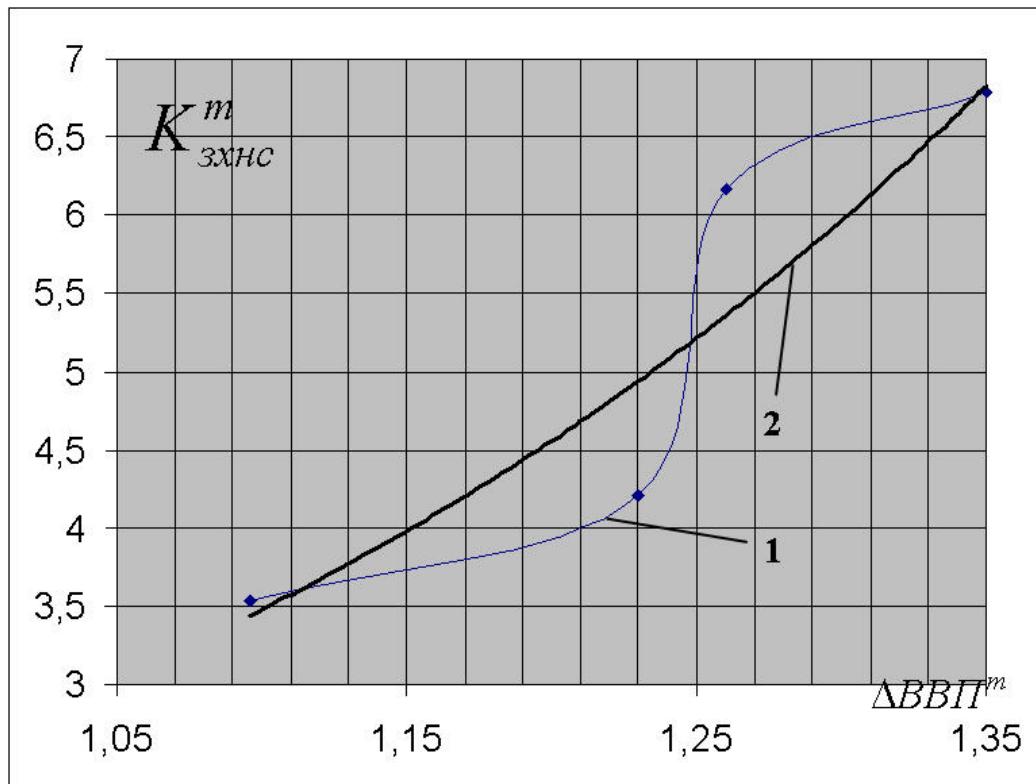


Рис. 1 – Динаміка зміни $K_{зхнс}^m$ у відповідності до зміни $\Delta ВВП^m$ у 2003-2006 рр.: 1 – динаміка зміни $K_{зхнс}^m$; 2 – лінія тренду $K_{зхнс}^m$

Побудова лінії тренду $K_{зхнс}^m$ (рис. 1) свідчить про стійке погіршення стану хімічної небезпеки України та недостатність заходів щодо поліпшення ситуації.

Відповідно були проведені розрахунки для кожного регіону України, які приведені у таблиці 3.

Таблиця 3 – Прогноз динаміки змін кількісних характеристик хімічно небезпечного стану та коефіцієнтів впливу по регіонам України у 2006 році

Регіон	$K_{влN}^m$	ΔN^m	$K_{влQ}^m$	ΔQ^m	$K_{влL}^m$	ΔL^m	ΔS_b^m	$K_{зхнс}^m$
АР Крим	2,18	1	1,77	0,6	0,99	0,2	2,65	0,2
Вінницька	3,09	1,2	1,81	6,2	0,84	1,8	0,6	125,3
Волинська	3,89	1,3	1,9	0,38	0,63	0,8	0,8	2,76
Дніпропетровська	2,65	1,25	1,92	1,09	1,41	0,7	1,3	6,29
Донецька	3,05	1,01	1,94	0,86	2,28	0,95	0,97	13,69
Житомирська	5,14	1	2,04	0,52	0,59	1,2	0,6	7,61
Закарпатська	2,87	0,6	1,7	0,4	1,22	0,35	0,6	0,99
Запорізька	1,53	1,5	1,73	4	0,9	1,5	1,5	17,09
Івано-Франківська	1,14	1,05	1,65	9	1,28	0,65	2,1	8,35
Київська	1,14	1,05	1,18	5,5	0,79	1,9	0,6	23,17
Кіровоградська	1,14	1,05	1,71	1,55	0,59	1,9	0,6	6,98
Луганська	1,71	1,5	1,89	2	1,21	3,5	1,1	44,46
Львівська	1,16	0,85	1,81	8,5	1,52	1,3	0,65	55,04
Миколаївська	3,79	1,2	1,9	0,25	0,65	3	0,6	8,33
Одеська	4,97	1,02	2	0,85	0,91	0,48	0,4	11,25
Полтавська	1,29	1	1,82	0,95	0,71	1,6	0,65	4,64
Рівненська	1,78	1,25	1,9	0,25	0,72	0,8	1,5	0,48
Сумська	1,55	1,1	1,74	2,25	0,68	0,5	1,5	1,8
Тернопільська	1,68	1,5	1,77	20	1,02	1	2	50,26
Харківська	3,44	1,05	1,91	0,95	1,16	1,45	0,75	17,42
Херсонська	4,56	1	1,97	1,05	0,52	3	0,98	18,03
Хмельницька	3,17	1,5	1,82	1,1	0,87	0,9	1,1	8,05
Черкаська	3,34	1,15	1,96	1,15	0,84	2,6	0,95	23,74
Чернівецька	3,4	1,6	1,92	0,5	1,4	0,8	0,75	9,28
Чернігівська	2,23	1,1	1,93	0,95	0,49	1,5	1,03	3,8
м. Київ	2,09	1,04	1,67	1,3	0,79	1,55	0,9	7,66
м. Севастополь	2,69	0,9	1,73	1,1	0,99	0,5	3,2	0,84

Показник ΔB^m має дещо іншу природу та потребує окремих додаткових досліджень, тому на попередньому етапі його можна покласти рівним одиниці. Відповідно, отриманий прогноз коефіцієнту зміни хімічно небезпечного стану враховує лише фактори технологічної природи.

Як свідчить аналіз результатів, слід очікувати існуючу кількість нетипових результатів („вибросів”) прогнозуємих даних [9]. Відповідно до цих даних проведемо процедуру попарного видалення даних з наступною підстановкою середнього значення (табл. 4)

Таблиця 4 – Значення кількісних характеристик хімічно небезпечного стану, отриманих після процедури корегування даних прогнозу

Регіон	Дані прогнозу				Кориговані дані			
	ΔQ^m	ΔL^m	ΔS_6^m	$K_{зхнс}^m$	ΔQ^m	ΔL^m	ΔS_6^m	$K_{зхнс}^m$
АР Крим	-	-	2,65	0,2	-	-	1,04	0,52
Вінницька	6,2	-	-	125,3	1,23	-	-	13,12
Запорізька	4	-	-	17,09	1,23	-	-	5,25
Івано-Франківська	9	-	2,1	8,35	1,23	-	1,04	2,3
Київська	5,5	-	-	23,17	1,23	-	-	5,17
Луганська	-	3,5	-	44,26	-	0,95	-	12,01
Львівська	8,5	-	-	55,04	1,23	-	-	7,96
Миколаївська	-	3	-	8,33	-	0,95	-	2,63
Сумська	2,25	-	-	1,8	1,23	-	-	0,98
Тернопільська	20	-	-	50,26	1,23	-	-	3,34
Херсонська	-	3	-	18,03	-	0,95	-	5,7
Черкаська	-	2,6	-	23,74	-	0,95	-	8,67
м. Севастополь	-	-	3,2	0,84	-	-	1,04	2,6

Аналіз свідчить, що лише по Івано-Франківській області, де присутні 2 „виброси”, значення отриманого коефіцієнту $K_{зхнс}^m$ викликає певний сумнів щодо його достовірності.

На підставі отриманих коефіцієнтів $K_{зхнс}^m$ можна провести класифікацію регіонів України стосовно хімічної небезпеки за наступним критерієм:

IV ступінь (покращення) – очікуваний коефіцієнт $K_{зхнс}^{m i}$ знаходиться в інтервалі $(0 \leq K_{зхнс}^{m i} \leq \frac{K_{зхнс}^{m серед}}{2})$; III ступінь (стабільний) – в інтервалі $(\frac{K_{зхнс}^{m серед}}{2} < K_{зхнс}^{m i} \leq K_{зхнс}^{m серед})$; II ступінь (погіршення) – в інтервалі $(K_{зхнс}^{m серед} < K_{зхнс}^{m i} \leq \frac{3 K_{зхнс}^{m серед}}{2})$; I ступінь (критичне погіршення) – в інтервалі $(\frac{3 K_{зхнс}^{m серед}}{2} < K_{зхнс}^{m i})$. Відповідно до введеного критерію маємо наступну картину щодо очікуемого стану хімічної небезпеки на початок 2007 року (див. рис. 2 та рис. 3)

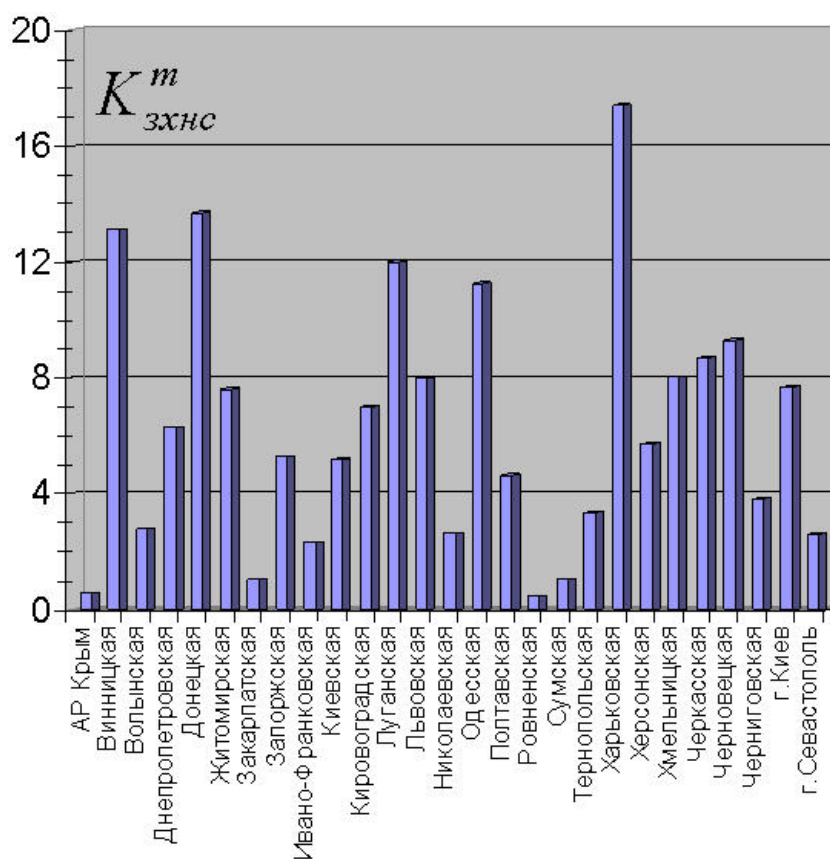


Рис. 2 – Діаграма очікуваних значень коефіцієнту $K_{зхнс}^m$ по регіонах України на початок 2007 року

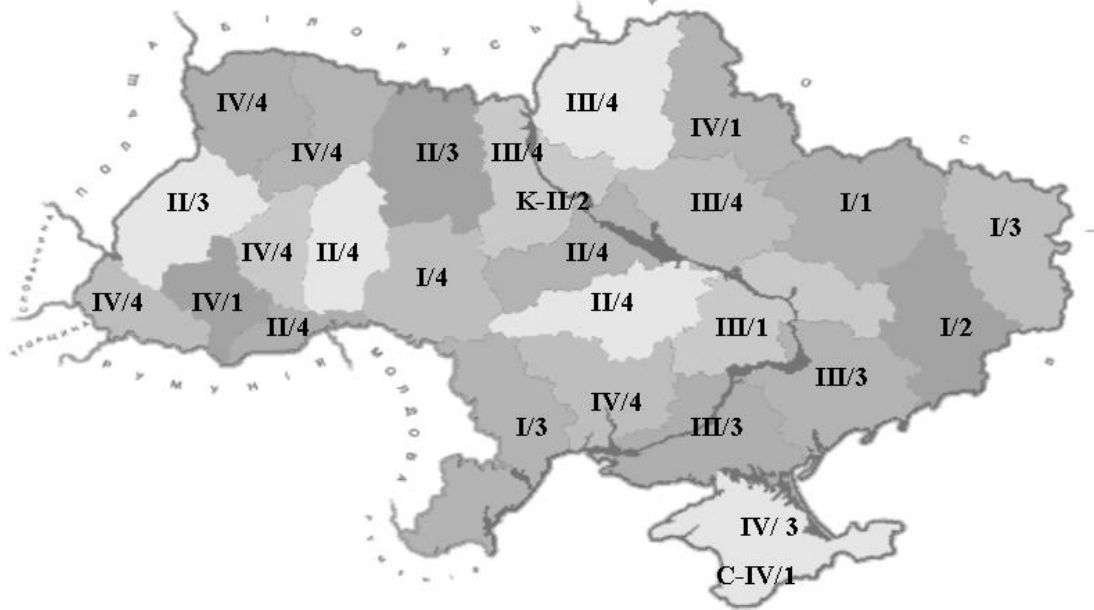


Рис. 3 – Розподіл регіонів України за ступенем хімічної небезпеки (у чисельнику розподіл за коефіцієнтом $K_{зхнс}^m$, у знаменнику за існуючою методикою [1-4])

Також був проведений аналіз динаміки змін ступеня хімічної небезпеки за характерними регіонами України за останні 4 роки (табл. 5).

Таблиця 5 – Динаміка змін ступеню небезпеки регіонів України отриманих за різними методиками

Регіони	Ступінь хімічної небезпеки							
	2003		2004		2005		2006	
	За коэф. $K_{зхнс}^m$	За [1- 4]	За коэф. $K_{зхнс}^m$	За [1- 4]	За коэф. $K_{зхнс}^m$	За [1- 4]	За коэф. $K_{зхнс}^m$	За [1- 4]
Дніпропетровська	3	1	1	1	3	1	3	1
Львівська	4	3	3	3	1	3	2	3
Одеська	3	3	1	3	2	3	1	3
Харківська	2	1	1	1	2	1	1	1
Чернігівська	4	4	3	4	4	4	3	4

Висновки. В Україні має місце постійне погіршення хімічно небезпечного стану регіонів. Різниця полягає лише у швидкості цих процесів, яка залежить, у першу чергу, від стану технологіч-

ного обладнання підприємств, кількості та рівня вдосконаленості систем контролю та виявлення СДОР як територіального, так об'єктового рівнів.

Найбільше занепокоєння викликають ті регіони, де в частині СДОР переважає аміак (Харківська, Луганська, Донецька, Одеська, Дніпропетровська області). У першу чергу це стосується підприємств, де ця речовина використовується в аміачно-холодильних установках, 80% з яких знаходяться у незадовільному стані. Слід зазначити, що попри хімічної небезпеки, ці підприємства становлять значну пожежовибухонебезпеку. По-друге, зазначені регіони мають досить високу щільність населення, яке, внаслідок територіального розміщення хімічно небезпечних об'єктів, переважно концентрується у зонах можливого хімічного зараження та у зонах ураження внаслідок можливих вибухів.

До групи підвищеного ризику слід віднести і підприємства з нафтопереробки та регіони, де ці об'єкти становлять переважну більшість.

Постійно зростає небезпека, яку формують невеликі, з погляду наявності на них об'ємів СДОР, об'єкти, що обумовлено: відсутністю на них дійових систем контролю та реагуванню на можливі аварії, розміщенням в густонаселених регіонах (як правило у містах), відсутністю чіткого нагляду з боку контролюючих органів, постійною зміною форми власності цих підприємств, високим рівнем залежності „малих” підприємств від негараздів політичного та соціального характеру і як наслідок відсутністю довгострокової політики по забезпеченню дієвої безпеки цих підприємств.

Запропонована модель прогнозу хімічно небезпечного стану регіонів потребує постійного уточнення у процесі її використання та отримання відповідних статистичних даних. У той же час потребує перегляду відповідна звітність, яка на сьогодні здійснюється з регіонів до МНС України, та носить вибіркового та неточний характер.

Застосування запропонованої моделі прогнозу до визначення стану безпосередньо хімічно небезпечних об'єктів можливо лише для апріорної оцінки та потребує подальших досліджень щодо визначення природи факторів існуючої небезпеки та механізмів їх впливу на загальну безпеку підприємства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Національна доповідь „Про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2002 році” – К.:Чорнобильінтерінформ, 2003. – 291 с.
2. Національна доповідь „Про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2003 році” – К.:Чорнобильінтерінформ, 2004. – 435 с.
3. Національна доповідь „Про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2004 році” – К.:Чорнобильінтерінформ, 2005. – 360 с.
4. Національна доповідь „Про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2005 році” – К.:Чорнобильінтерінформ, 2006. – 375 с.
5. Доповідь управління прогнозування МНС України „Тенденції виникнення надзвичайних ситуацій у 2004 році” – К.: МНС України, 2004. – 7с.
6. Методичні рекомендації з класифікації надзвичайних ситуацій – К.: МНС України, 2004. – 65 с.
7. Небезпечні хімічні речовини в природі, промисловості і побуті. Довідник – К.: Чорнобильінтерінформ, 1998, - 452 с.
8. Абрамов Ю.О., Грінченко Є.М., Кірючкін О.Ю. та інші Моніторинг надзвичайних ситуацій. –Харків, АЦЗУ, 2005. – 530 с.
9. Дубров А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И. Многомерные статистические методы – М.: «Финансы и статистика», 1998, - 340 с.
10. Гражданкин А.И., Белов П.Г. Экспертная система оценки техногенного риска опасных производственных объектов //Безопасность труда в промышленности. – 2000. -№ 11. – С. 6-10
11. Гражданкин А.И., Лисанов М.В., Печеркин А.С. Использование вероятностных оценок при анализе безопасности опасных производственных объектов //Безопасность труда в промышленности. – 2002. -№ 2. – С. 12-20
12. Маршалл В. Основне опасности химических производств /Пер. с англ. –М.: Мир, 1989. – 672 с.
13. Топольский Н.Г., Блудчий Н.П. Потенциальная опасность массового поражения при крупных техногенных авариях – М.: ВИПТШ МВД России, 1994. – 75 с.

14. Шевченко Р.І., Одарюк П.В., Тютюник В.В. Оцінка ефективності інтегрованої системи безпеки функціонування підприємств нафтопереробної промисловості // Проблеми пожежної безпеки. – 2005. -№ 18. –С. 185-191.

УДК 614.8

*Аветисян В.Г., нач. каф., УЦЗУ,
Тригуб В.В., канд. техн. наук, ст. викл., УЦЗУ*

ПРО ВИКОРИСТАННЯ „КОСИНКИ РЯТУВАЛЬНОЇ” ДЛЯ ЕВАКУАЦІЇ ЛЮДЕЙ З БУДІВЕЛЬ ПІДВИЩЕНОЇ ПОВЕРХОВОСТІ (представлено д-ром техн. наук Ларіним О.М.)

Проведений аналіз існуючих засобів рятування людей при пожежах. Запропонована система евакуації людей з будівель підвищеної поверховості

Постановка проблеми. Проблема гасіння пожеж в будинках підвищеної поверховості та на висотах різних споруджень не нова. Вона виникла в нашій державі на початку 50-х років, одночасно з будівництвом житлових типових і суспільних будинків підвищеної поверховості.

Тільки в місті Києві побудовано 1713 будинків підвищеної поверховості. В місті Харкові їх кількість складає 672 будинки, в місті Дніпропетровську – 402. Кількість таких будинків в містах України зростає щорічно.

В разі виникнення пожеж в таких будинках необхідно буде евакуювати значну кількість людей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З огляду на об'ємно-планувальні рішення, оперативно-тактичну характеристику будинків підвищеної поверховості, фактори, які впливають на обстановку пожеж та аналіз пожеж, які виникли в них, для оперативних працівників пожежно-рятувальних підрозділів проблематичними залишаються питання [1]:

- як і якими засобами забезпечити подачу засобів гасіння на висоті;

■ якими способами та за допомогою яких засобів організувати своєчасне і безпечне рятування людей.

Для безпечної та вчасної евакуації людей найбільш широке поширення в пожежній охороні багатьох країн одержали пожежні автодрабини та колінчаті автопідйомники [2].

Найбільше поширення одержали автодрабини з гідравлічним приводом і висотою підйому 30 м. Зона їх обслуговування – будинки із числом поверхів до 9 включно. Пожежні колінчаті автопідйомники відрізняється від автодрабин лише їхній піднімальний пристрій, виконаний у вигляді шарнірної або шарнірно-телескопічної стріли. Колінчаті підйомники в порівнянні з драбинами мають більшу маневреність, однак позбавлені такої важливої переваги драбин, як можливість здійснення безперервної евакуації потерпілих без зміни положення стріли. У практиці часто автодрабини і автопідйомники при рятуванні людей на пожежі використовують спільно, взаємно доповнюючи один одного.

Але для рятування людей з будівель вище 50 м практично немає пристроїв. Саме це питання слід підіймати в теперішній час коли з кожним днем кількість висотних будинків та будинків підвищеної поверховості збільшується. Все більше людей потрапляє в потенційну небезпеку, а рятувальні підрозділи все менше забезпечуються рятувальними пристроями для допомоги людям в таких будинках.

Постановка завдання та його вирішення. В багатьох країнах ведуться інтенсивні пошуки ефективних технічних рішень, які дозволили б створити мобільний рятувальний пристрій для будинків в 18 і більше поверхів.

Отже, на сьогоднішній день можна констатувати той факт, що на озброєнні підрозділів МНС України практично відсутні технічні засоби та тактичне забезпечення для проведення пожежно-рятувальних робіт на висотах.

Виходячи із цього, назріла необхідність створення нових засобів і розробки тактичних прийомів для ведення бойових дій при надзвичайних ситуаціях у будинках підвищеної поверховості.

Найбільш ефективним та доцільним є використання рятувальних мотузок.

Рятувальні мотузки та пристрої для їх використання (транспортно-рятувальні системи, багатофункціональні рятувальні пояси та інш.) можна застосовувати для рятування потерпілих з висоти до 300 м. Існують певні пристрої які дозволяють контролюва-

ти швидкість спуску по рятувальній мотузці потерпілого, надійно закріпити його та супроводжувати під час евакуації.

Такі пристрої не коштують великих грошей та не потребують тривалої підготовки рятувальників для їх використання, що робить можливим застосування їх у кожному рятувальному підрозділі.

Найбільш ефективним таким пристроєм є «Косинка рятувальна» [3]. Вона служить сполучною ланкою між людиною і мотузкою та призначена для евакуації людей з будинків по вертикальній мотузці. Косинка легко й надійно надівається на людину, забезпечуючи його вертикальне положення при спуску. Можливе застосування косинки для самостійного спуска.

Косинка рятувальна являє собою полотно трикутної форми з капронової тканини (рис. 1), яка обшита по периметрі стрічкою, що утворює у кутах силові коуши для кріплення карабіна. Центральний коуш має пряжку для регулювання косинки по росту людини. З верхнього краю до косинки пришиті регульовані плечові ремені та додаткова петля для кріплення допоміжної мотузки, за допомогою якої потерпілого відтягають від виступаючих елементів будинку.

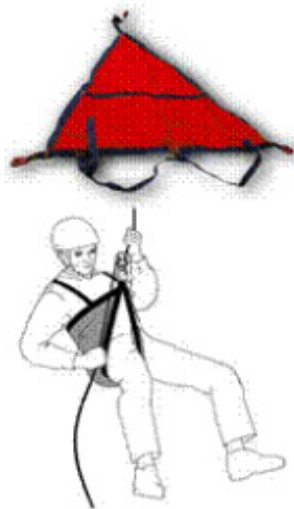


Рис. 1 – Косинка рятувальна

Доцільність використання даної системи пояснюється тим, що використовувати її може перший рятувальний підрозділ, який прибув до місця надзвичайної ситуації, чим саме відбувається зменшення часу до надання допомоги людям, які негайно її потребують.

Були проведені експериментальні дослідження часу одягання нагрудної, поясної систем для проведення рятування, а також рятувальної косинки. Для достовірності отриманих результатів експеримент проводився 3 рази. Отримані дані у вигляді середнього часу одягання рятувальних систем відносно до типорозміру потерпілого представлені в табл. 1 та 2. При цьому в табл. 1 представлені дані для постраждалих у свідомому стані, а в табл. 2 – для постраждалих у несвідомому стані

Таблиця 1 – Дані для постраждалих в свідомому стані

Нагрудна система	
<i>Типорозмір потерпілого</i>	<i>Середній час, с</i>
“мала” – зріст 155 см та вага 60 кг.	40,3
“середня” – зріст 175 см та вага 70 кг.	39,0
“велика” – зріст 192 см та вага 105 кг.	59,3
Поясна система	
<i>Типорозмір потерпілого</i>	<i>Середній час, с</i>
“мала” – зріст 155 см та вага 60 кг.	30,3
“середня” – зріст 175 см та вага 70 кг.	36,7
“велика” – зріст 192 см та вага 105 кг.	59,0
Рятувальна косинка	
<i>Типорозмір потерпілого</i>	<i>Середній час, с</i>
“мала” – зріст 155 см та вага 60 кг.	20,0
“середня” – зріст 175 см та вага 70 кг.	23,3
“велика” – зріст 192 см та вага 105 кг.	30,7

Таблиця 2 – Дані для постраждалих в несвідомому стані

Нагрудна система	
<i>Типорозмір потерпілого</i>	<i>Середній час, с</i>
“мала” – зріст 155 см та вага 60 кг.	67,3
“середня” – зріст 175 см та вага 70 кг.	74,3
“велика” – зріст 192 см та вага 105 кг.	131,0
Поясна система	
<i>Типорозмір потерпілого</i>	<i>Середній час, с</i>
“мала” – зріст 155 см та вага 60 кг.	66,7
“середня” – зріст 175 см та вага 70 кг.	70,3
“велика” – зріст 192 см та вага 105 кг.	85,3
Рятувальна косинка	
<i>Типорозмір потерпілого</i>	<i>Середній час, с</i>
“мала” – зріст 155 см та вага 60 кг.	36,0
“середня” – зріст 175 см та вага 70 кг.	36,3
“велика” – зріст 192 см та вага 105 кг.	42,7

Висновки. Проведені дослідження часу одягання косинки рятувальної та спуску за її допомогою з четвертого поверху навчальної вежі показали, що її використання в 2 рази зменшує час, який витрачається на рятування людини.

Таким чином, результати проведених досліджень дозволяють зробити висновок про можливість застосування запропонованої системи безпечного та своєчасного рятування людей з будівель підвищеної поверховості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кулиш Ю.А. Проблемы тактико-технического обеспечения пожарно-спасательных работ в зданиях повышенной этажности // Об'єднання теорії та практики – залог підвищення боєздатності пожежно-рятувальних підрозділів. Матеріали нау-

- ково-практичної конференції. – Харків: АЦЗУ, 2005. – С. 59 – 61.
2. Климушкин Н.Г., Кононов В.Н. Тушение пожаров в зданиях повышенной этажности. – М.: Стройиздат, 1983. – 95 с.
 3. Аветисян В.Г., Новиков В.С. Сучасні засоби рятування з висот // Ліквідація НС та проведення пожежно-рятувальних робіт у цивільних та промислових будинках. Матеріали науково-практичної конференції. – Харків: АЦЗУ, 2005. – С. 9 – 11.

УДК 351.861

Альбоцкій О.В., канд. військ. наук, нач. каф., УЦЗУ

ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ РІВНЯ ПІДГОТОВКИ ОСОБОВОГО СКЛАДУ ПІДРОЗДІЛІВ ОПЕРАТИВНО- РЯТУВАЛЬНОЇ СЛУЖБИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ІХ ПРОФЕСІЙНО-СЛУЖБОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

(представлено д-ром техн. наук Комяк В.М.)

Стаття присвячена аналізу підходів до кількісного оцінювання впливу рівня підготовки особового складу на результати службової діяльності підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту. Пропонується використання методів, які відомі з галузі військової науки та застосовуються при моделюванні бойових дій

Постановка проблеми. Незважаючи на те, що людський фактор є визначальним в діяльності будь-яких організаційних систем, їх ефективність було прийнято оцінювати в передбаченні безумовного та якісного виконання працівниками всіх необхідних дій, тобто за умови ідеального рівня професійної підготовки. Така методологія сформувалася, головним чином, за умов адміністративно-командної економіки, коли держава сповна забезпечувала потреби всіх сфер зовнішньої та внутрішньої безпеки держави, в т.ч. цивільного захисту. В сучасних умовах це не завжди реалізується. Однією з вагомих причин є недостатній рівень ресурсного забезпечення професійної підготовки. Результатом такого стану справ є знижений рівень підготовки особового складу та злагідженості підрозділів МНС. Тому важливо при оцінюванні своїх

можливостей та прогнозуванні результатів діяльності визначати та враховувати реальний рівень підготовки органів управління та підрозділів. Це дасть змогу підвищити точність оцінок своїх можливостей та розробляти адекватні заходи щодо підвищення ефективності діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літератури [1, 2] показує, що зростання інтересу до питань кількісного оцінювання впливу рівня підготовки особового складу підрозділів на кінцеві результати діяльності припадає на початок 90-х років ХХ століття. Саме в цей час відчутно знизився рівень підготовки фахівців. І в першу чергу це відноситься до тих сфер діяльності, підтримання яких в постійній готовності потребує проведення великої кількості навчальних заходів. Основи методичного підходу до дослідження даних питань розкриті в роботах [3–6]. Основні вимоги до організації професійної підготовки працівників органів управління та підрозділів МНС України викладені в [7, 8].

Постановка завдання та його вирішення. Одним із факторів, які визначають результати діяльності в будь-якій сфері, є рівень підготовки людей, які цю діяльність здійснюють. Очевидно, що таке твердження повною мірою відноситься і до сфери цивільного захисту. Незважаючи на очевидність залежності результатів діяльності від рівня підготовки працівників кількісне оцінювання цієї залежності має ряд проблемних питань, які потребують подальших наукових досліджень. До них, зокрема, відносяться способи врахування рівня підготовки на показники цільового ефекту діяльності та прогнозування рівня підготовки при виконанні планових заходів (навчального плану). Під цільовим ефектом діяльності будемо розуміти кінцеві результати діяльності щодо виконання поставлених завдань в їх змістовному відношенні.

Якщо показник цільового ефекту позначити W , то в загальному вигляді можна записати

$$W = f(\vec{A}, x),$$

де \vec{A} – вектор відомих параметрів, що визначають цільовий ефект; x – рівень підготовки особового складу.

Рівень підготовки особового складу, в свою чергу, слід розглядати як функцію параметрів плану навчальних заходів (навчального плану).

Методи математичної статистики та інші методи, що застосовуються для розрахунків прогнозних значень функції, яка досліджується, в галузі техніки, соціології тощо не дають задовільних результатів в прогнозуванні рівня підготовки тих, хто навчається. Рівень підготовки залежить від тих, хто навчається, від тих, хто навчає, від навчальної бази та інших факторів, які є не стабільними. До ряду вхідних факторів, які можна з певними допущеннями вважати стабільними, належить перелік та зміст заходів, передбачених навчальним планом та іншими керівними документами. Але і тут є неоднозначність. Ефект від будь-якого навчального заняття (заходу) залежить від його місця в системі навчальних занять (заходів). В силу вказаних причин актуальною задачею є розробка математичних моделей процесу навчання. Особливо це актуально по відношенню до сфери службової підготовки тих формувань, які перебувають у постійній готовності до виконання складних професійних завдань, в нашому випадку до підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту.

Одним з ключових питань при розробці математичних моделей є вибір показників ефекту – кількісної міри якості процесу. В сфері освіти та професійного навчання рівень знань, умінь та навичок тих, хто навчається, традиційно оцінюється балами. При цьому по відношенню до теоретичних видів підготовки застосовуються, як правило, бальні оцінки. Для практичних видів підготовки перевага віддається нормативно-бальним. Бальні та нормативно-бальні оцінки мають певні практичні переваги. Але в теоретичних дослідженнях, пов'язаних з врахуванням впливу рівня підготовки особового складу на ефективність виконання поставлених завдань, більш прийнятними слід вважати імовірнісні показники. По-перше, вони більш адекватно відповідають характеру навчального процесу, який носить значною мірою стохастичний характер. По-друге, вони менш підвернені впливу суб'єктивного фактору. По-третє, вони є більш придатними для розробки формалізованих моделей процесу навчання. По-четверте, вони є більш універсальними та дозволяють стикувати існуючі математичні моделі процесу цільової діяльності з моделями процесу навчання. В той же час при наявності фактичних оцінок питання про вид оцінки не є принциповим. З існуючих робіт [3] в даній галузі відомі методики взаємного переведення бальних та імовірнісних оцінок.

Для різних сфер діяльності змістовне навантаження імовірнісного показника та розрахункові співвідношення (моделі) для

них звичайно різні. В той же час методологічна основа є спільною. Серед показників, які найбільш широко використовують для оцінювання результатів в стохастичних умовах, є ймовірність настання певних випадкових подій (ймовірність виконання завдання) або числові характеристики випадкових величин, пов'язаних з виконанням завдання (математичне очікування, дисперсія). Для більш наглядної ілюстрації розглянемо приклад з галузі військових наук. Для кількісного оцінювання бойової ефективності підрозділу зенітних ракетних військ використовується показник „ймовірність ураження повітряної цілі n зенітними ракетами” [6], який розраховується за формулою

$$P_n = 1 - (1 - P_1)^n,$$

де P_1 – ймовірність ураження цілі однією ракетою; n – кількість ракет в черзі стрільби.

Слід прийняти до уваги, що величина P_1 є тактико-технічною характеристикою зразка озброєння. Тоді стає очевидним, що оцінки цільової ефективності, одержані за допомогою наведеної формули, будуть вірними в передбаченні того, що озброєння має абсолютну надійність, а особовий склад бойових розрахунків абсолютно підготовлений до ведення бойової роботи. В дійсності ж така абсолютизація є скоріше побажанням, ніж реальністю. Особливо це проявляється в умовах недофінансування, яке веде до зниження якості технічного обслуговування техніки, спрощення процесів навчання (бойової підготовки) тощо. Тому розрахункова модель показника P_n повинна бути дещо складнішою. Якщо вважати незалежними між собою рівень підготовки особового складу та технічну надійність озброєння, то можна записати

$$P_n = 1 - (1 - P_1 \cdot P_n \cdot P_v \cdot P_{nc})^n,$$

де P_n – ймовірність того, що озброєння не буде мати відмов в процесі застосування за призначенням; P_v – ймовірність виконання особовим складом усіх необхідних дій (рівень підготовки особового складу); P_{nc} – ймовірність того, що особовий склад буде мати достатній рівень психологічної стійкості.

З розглянутого прикладу бачимо, що рівень підготовки особового складу враховується при розрахунку показника ефективності за двома складовими P_v та P_{nc} як добуток ймовірностей незалежних випадкових подій.

Це один з можливих підходів до врахування рівня підготовки на кінцеві результати діяльності. Він є досить простим, але не завжди може мати об'єктивну основу для кількісного оцінювання.

Для оцінювання рівня підготовки підрозділів доцільно застосувати метод математичного моделювання. В його основу може бути покладений один з методів, розглянутих в роботі [3]. Коротко нагадаємо їх сутність. *Аналітичний метод* передбачає встановлення аналітичної залежності показника навченості від факторів, які впливають на нього. Добре відомими є такі залежності

$$P_1 = \gamma - (\gamma - P_0) \cdot (1 - \xi).$$

$$P_n = \gamma - (\gamma - P_0) \cdot (1 - \xi)^n.$$

де P_0 – початкова ймовірність виконання поставлених завдань; γ – коефіцієнт адекватності навчально-тренувального засобу штатній техніці $0 \leq \gamma \leq 1$; ξ – доля знань, вмінь та навичок від загального обсягу, передбаченого навчальним планом, відведена на засвоєння за одне заняття $0 \leq \xi \leq 1$; n – кількість послідовних повторів заняття (вправи).

Дана залежність відображає процес зростання рівня навченості (P) від кількості проведених однотипних занять. Рівень навченості, до якого асимптотично наближається значення показника, дорівнює значенню коефіцієнта γ . Коефіцієнт адекватності навчально-тренувального засобу штатній техніці характеризує той рівень навченості, який властивий тим чи іншим засобам навчання та може бути досягнутий при багаторазовому повторі тренувань (занять) з їх використанням. Тоді, якщо класифікувати навчальні заходи за засобами навчання, за допомогою яких проводиться навчальний процес, можна записати ряд рівнянь, що будуть описувати динаміку рівня навченості. При розробці подібних моделей слід пам'ятати, що при відсутності занять (тренувань) йде процес втрати знань, вмінь та навичок.

Статистичний метод. Передбачає збір статистичної інформації про досягнутий рівень навченості при різних варіантах

планів підготовки підрозділів, її обробку з метою встановлення статистичної залежності між показником навченості та варіантами планів підготовки.

При наявності моделі цільової ефективності, за умови, що вона чутлива до зміни рівня підготовки особового складу, моделі можуть доповнювати одна одну. Тобто, показник рівня підготовки особового складу – як показник ефекту моделі процесу навчання – повинен бути вхідним параметром моделі процесу цільової діяльності. В цьому полягає сутність другого підходу до врахування рівня підготовки особового складу підрозділів оперативно-рятувальної служби МНС на ефективність їх професійно-службової діяльності.

Питанням моделювання приділяється значна увага в багатьох галузях діяльності. Наявність моделей дозволяє розробляти прогнози для різних умов діяльності, аналізувати свої можливості в граничних умовах, виявляти найбільш впливові фактори та розробляти заходи щодо підвищення ефективності тощо. Для прогнозування результатів діяльності в умовах впливу на процеси випадкових факторів застосовують, як правило, імовірнісні показники. Вони дозволяють отримувати оцінки цільового ефекту, які не залежать від випадкового співвідношення факторів, що склалося в конкретній реалізації, а дійсні для будь-якої реалізації.

Очевидно, що ефективність роботи підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту при оперативному реагуванні на надзвичайні ситуації техногенного чи природного характеру в значній мірі також залежать від впливу випадкових факторів. Хоча сам зміст надзвичайної ситуації в цілому можна в певній мірі передбачити, все ж конкретна реалізація є випадковою. До випадкових факторів, що впливають на її зміст відносяться момент виникнення надзвичайної ситуації, час надходження сигналу про надзвичайну ситуацію до підрозділів, час прибуття підрозділів до місця виникнення надзвичайної ситуації, погодні умови, що склалися на час виникнення надзвичайної ситуації та інше. Тому, виходячи з загальнотеоретичних міркувань, можна стверджувати, що в даній сфері діяльності також доцільно використовувати імовірнісні показники.

Рівень існуючих загроз техногенного та природного характеру в Україні об'єктивно визначають високі вимоги до підготовки працівників МНС. Досягти високого рівня їх підготовки можливо за умови здійснення у плановому порядку всієї системи заходів по

Підходи до визначення впливу рівня підготовки особового складу підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту на ефективність їх професійно-службової діяльності

підтриманню в постійній готовності працівників органів управління та підрозділів до виконання професійно-службових завдань. А виконання всієї системи заходів професійної підготовки можливо в свою чергу при своєчасному та повному ресурсному забезпеченні.

Висновки.

1. Для підвищення точності та об'єктивності прогностичних оцінок ефективності професійно-службової діяльності підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту в ряду суттєвих факторів, що її визначають, повинен бути врахованим рівень підготовки (навченості) особового складу. Математичні моделі професійно-службової діяльності повинні бути чутливими до даного фактору.

2. Підходи до визначення впливу рівня підготовки особового складу на ефективність діяльності, які відомі з галузі військової науки, можуть бути адаптовані до сфери цивільного захисту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Клімов С.Б. Повсякденна діяльність військ і можливий варіант її оптимізації // Наука і оборона. 1999. – №3. С. 30-35.
2. Стеценко О.О., Клімов С.Б. Шляхи удосконалення та наукового супроводження повсякденної діяльності Військ Протиповітряної оборони України // Наука і оборона. 1999. – №2. С. 7-12.
3. Жуков Г.П., Викулов С.Ф. Военно-экономический анализ и исследование операций. - М.: Воениздат. 1987. - 440 с.
4. Альбоцій А.В., Забула О.Е. Анализ подходов к военно-экономическому обоснованию планов боевой подготовки. Збірник наукових праць ХВУ. –Харків: ХВУ, 2001. – Вип.2 (32). - С. 87-89.
5. Альбоцій О.В., Мазур І.В. Основи матричної моделі фінансово-економічного розрахунку витрат на бойову підготовку військових формувань // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ. – 2004. – Вип. 6. – С.234-237.
6. Неупокоев Ф.К. Противовоздушный бой. - М.: Воениздат, 1989. – 262 с.
7. Тимчасова настанова з організації професійної підготовки працівників органів управління та підрозділів МНС України (наказ МНС України від 27.11.03 № 455).- К.: МНСЮ, 62 с.

8. Наказ МНС від 11.08.05 № 131 „Про організацію службової підготовки з особовим складом органів та підрозділів МНС України у 2005-2006 навчальному році.

УДК 625.7

*Андронов В.А., канд. техн. наук, нач. факультету, УЦЗУ,
Крайнюк О.В., канд. техн. наук, ст. викл., УЦЗУ,
Буц Ю.В., канд. геогр. наук, зав. каф., УЦЗУ,
Семків О.М., канд. техн. наук, нач. відділу, УЦЗУ*

ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ЕКОЛОГІЧНО НЕБЕЗПЕЧНОЇ СИТУАЦІЇ ПРИ ВИКОРИСТАННІ У БУДІВНИЦТВІ ФОСФОГІПСУ ТА ЗОЛОШЛАКІВ

(представлено д-ром техн. наук Прохачем Е.Ю.)

Авторами вивчалася взаємодія інженерних споруд, що містять токсичні компоненти, з навколишнім природним середовищем. Проведено експериментальні дослідження можливості створення екологічно небезпечної ситуації при використанні золошлаків та фосфогіпсу у будівництві. Встановлена значна міграція важких металів в ґрунті

Постановка проблеми. Широке застосування різноманітних твердих промислових відходів під час будівництва автомобільних доріг та інженерних споруд вимагає ретельної екологічної експертизи і санітарно-гігієнічної оцінки, оскільки важкі метали, токсичні, канцерогенні та радіоактивні речовини, що містяться у відходах, здатні проникати при експлуатації та руйнуванні інженерних споруд у ґрунт, ґрунтові води та водоймища. Сьогодні ще не достатньо вивчено можливість переходу важких металів і токсичних елементів із штучних споруд у навколишнє середовище. Відсутні дані, які свідчать про допустимість використання промислових відходів під час будівництва.

Проблеми використання промислових відходів під час проектування, реконструкції і будівництва у зв'язку з інтенсивним екологічним тиском на навколишнє середовище стають все більш актуальними. У зв'язку з цим вивчення взаємодії інженерних споруд, що містять промислові відходи, з навколишнім природним

Оцінка можливості створення екологічно небезпечної ситуації при використанні у будівництві фосфогіпсу та золошлаків

середовищем, проведення еколого-економічного аналізу умов безпечного використання відходів та забезпечення вимог екологічної безпеки під час будівництва і реконструкції є актуальним.

Широке використання відходів промисловості, зокрема шлаків і золошлаків та фосфогіпсу, що містять важкі метали (ВМ), в будівельних матеріалах створює екологічно небезпечну ситуацію при експлуатації будівельних конструкцій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Промислові відходи знайшли широке застосування при укріпленні ґрунтів дорожніх шарів, у бетонах для будівництва інженерних споруд. При цьому значно покращуються властивості укріплених ґрунтів або дорожньо-будівельних споруд, що детально відображено в літературі. Але екологічним питанням приділяється значно менше уваги.

У золовідвалах електростанцій України накопичено понад 360 млн. тонн золошлаків. Іншим промисловим відходом, накопиченим у величезних кількостях, є фосфогіпс, який утворюється під час виробництва екстракційної фосфорної кислоти. В Україні накопичено понад 80 млн. тонн фосфогіпсу. При використанні золошлаків і фосфогіпсу в будівництві ціла низка хімічних елементів (As, Cd, Cr, Co, Hg, Cu, Pb, Ni, Zn, Sr, U), що містяться в них, надходить до екосистеми, створюючи при цьому екологічну небезпеку.

На жаль, не завжди враховуються впливи різноманітних чинників зовнішнього середовища і, як наслідок – хімічні зміни, що відбуваються в матеріалах інженерних споруд. Після цих змін хімічні елементи, насамперед важкі метали, які містяться в інженерних спорудах, потрапляють у навколишнє середовище.

Вміст Hg у вугіллі складає від 0,1 до 1,6 г/т і досягає на окремих ділянках до 100 г/т. Вміст As у вугіллі 30–250 г/т, хоча відоме вугілля із вмістом As більше 1 кг/т [6]. Можливість витягання токсичних елементів із золошлаків не вивчалася. Таким чином, проблеми використання золошлаків ТЕС пов'язані не тільки з можливістю використовувати їх в іншому виробництві і ліквідацією золо- і шлаковідвалів, але і з розробкою технічних умов на їх застосування з урахуванням хімічного складу. В золошлаках Трипільської ГРЕС геохіміки [1] визначили, що вміст радіоактивних (Ra, U) і токсичних (Co, Cd, Hg, As, Pb) компонентів, значно перевищує ГДК. Найвищі концентрації відзначені для Hg, As, які дуже токсичні і поширені у вугіллі і рудах Донбасу. На думку О.І. Бент [1], використання таких золошлаків в штучних спорудах є

небезпечним для здоров'я і створює екологічно небезпечну ситуацію.

Все частіше дослідники відзначають певний зв'язок поширення ракових захворювань з міграцією у ґрунті важких металів [5]. Є відомості про те, що розвиток раку шлунку і стравоходу, і навіть короткозорість залежить від вмісту тих або інших мікроелементів в ґрунті [3]. Виявлений зв'язок між частотою захворювань раком шлунку і високим вмістом цинку в ґрунтах [7]. Авторами [4] наголошується кореляція між частотою онкозахворювань і вмістом в ґрунті Mn, Co, Ba, у меншій мірі – Cr, Ni, Sr, Zn.

Використання відходів промисловості у будівництві розв'язує проблему утилізації відходів. Однак технологічні рішення мають прийматися не тільки з урахуванням економічної ефективності будівельних проектів, але й відповідно до вимог екологічної безпеки території, оскільки більшість токсичних елементів, які знаходяться у відходах, забруднюють ґрунти і ґрунтові води.

Постановка завдання та його вирішення. Задачами даної статті є вивчення розповсюдження ВМ у ґрунтовому середовищі на прикладі інженерних споруд із золошлаків у вигляді гаражних і ремонтних боксів, а також проведення порівняльного аналізу вмісту ВМ для кожної штучної споруди (рис. 1-4) в ґрунті і поблизу них.

На відміну від інших металів вміст тільки цинку суттєво вище поблизу споруди 1, ніж навіть в ній. Причому фонові значення набагато нижче, ніж його вміст в споруді і біля неї. Вміст Cr і Ni в самій споруді і поблизу неї значно вище за значення ГДК для цих металів.

Найвище перевищення ГДК спостерігається для Ni, концентрація якого в ґрунті поблизу штучної споруди 1 складає 4,4 ГДК, відповідно для Zn і Cr: 1,09 ГДК і 1,34 ГДК. При комплексній дії декількох елементів на оточуюче середовище вважаємо некоректним керуватися тільки одними ГДК. При цьому обов'язкове урахування синергетичного впливу цих елементів, а саме необхідною вимогою служить не перевищення коефіцієнта $\sum \frac{C_i}{ГДК_i}$ одиниці.

В даному випадку він складає 7,19, що значно перевищує норму. Крім того, показові K коефіцієнти концентрації, які розраховані як відношення концентрацій ВМ в ґрунті поблизу споруди до фонових значень концентрацій цих елементів. Дуже високо значення K

для Cr. І хоча ГДК перевищене не дуже значно, вміст хрому в ґрунті поблизу споруди в 73 рази вище, ніж його концентрація у фоновому зразку.

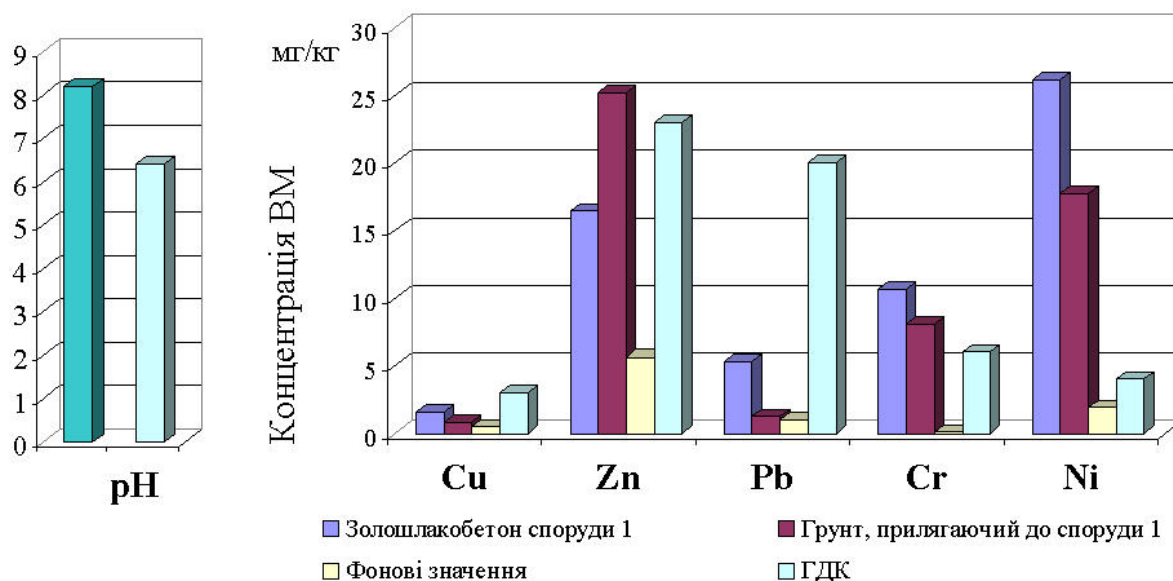


Рис. 1 – Міграція важких металів з штучної споруди 1.

В штучній споруді 2 (рис. 2) для Cu, Cr, Pb і Ni зберігається тенденція до зменшення їх концентрацій від споруди до фону. Однак, якщо в цьому випадку фонові значення дуже низькі, то вміст металів поблизу штучної споруди високий, а часто у декілька разів перевершує ГДК. І в цьому випадку вміст Zn поблизу споруди більше, ніж в ньому самому. Це ще може бути зв'язано з тим, що Zn дуже легко співосаджується і оклюдується гідроксидами заліза і алюмінію, з якими в ґрунтах зв'язано до 60–80% цинку. Зіставляючи вміст ВМ по відношенню до ГДК, можна укласти, що Cu, Zn, Cr і Ni в штучній споруді і поблизу неї містяться в кількостях перевищуючих ГДК. Причому, особливо значна ця різниця для Cu, і Ni: 2,4 і 3,5 ГДК відповідно. А вміст Zn і Cr поблизу споруди не значно перевищує ГДК. Тільки Pb у всіх трьох контрольних точках міститься в менших кількостях, ніж ГДК.

Коефіцієнт $\sum \frac{C_i}{ГДК_i}$ в даному випадку ще вище і складає 8,9,

а коефіцієнти концентрації K знаходяться в діапазоні 4,2–14,12. Для хрому розрахувати K неможливо, оскільки на фоновій території даний метал не знайдений, а поблизу штучної споруди його концентрація складає 6,3 мг/кг, що навіть вище ГДК.

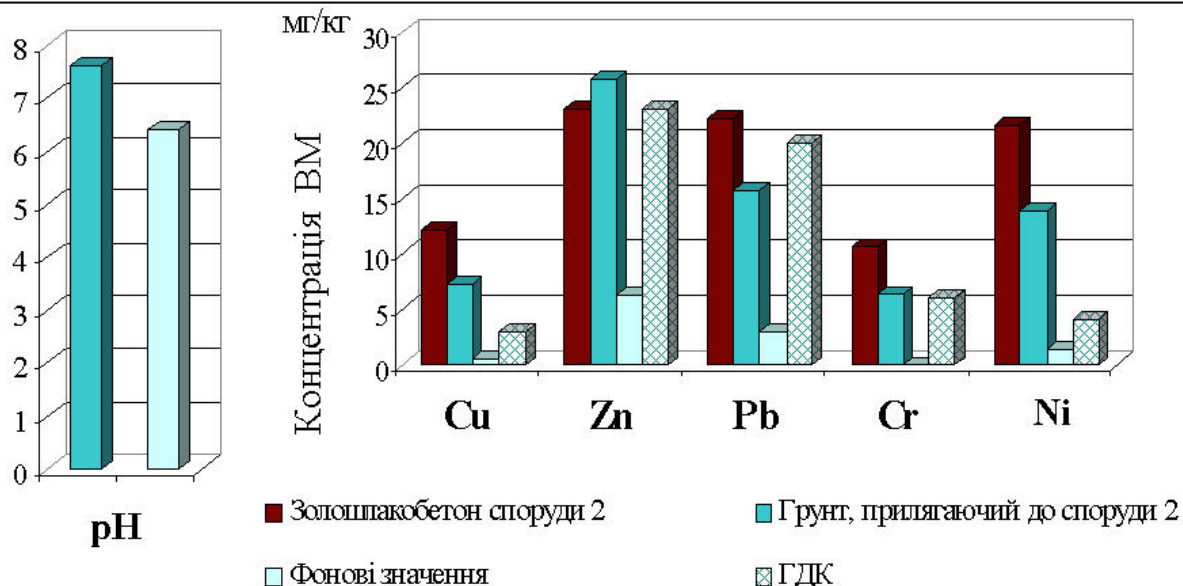


Рис. 2 – Міграція важких металів з штучної споруди 2

Для обох штучних споруд 1 і 2 відзначені значення рН, при яких Cu, Ni, Zn і Cr мають значну рухливість. Отже, вони нагромаджуватимуться в екосистемі біля інженерної споруди. На відміну від них мінеральні сполуки Pb мають високу рухливість. Теоретичний розрахунок [2] показує, що мінімальна розчинність гідроксокомплексів свинцю припадає на лужну область при рН близькому до 11. Однак Pb легко утворює органічні сполуки з ґрунтовими компонентами і теж накопичується в ґрунті.

Важливо відзначити, що розповсюдження Cu, Cr і Ni від споруди до фону в спорудах 1 і 2 аналогічно. Свої особливості міграції типові і для Zn. Тільки вміст Pb в 1-ій споруді значно вище, ніж в 2-ій, але закономірність зменшення його вмісту спостерігається для обох випадків.

Основна маса важких металів (Zn, Pb, Cr, Ni) мігрує від 3-ї споруди (рис. 3), плавно зменшуючи кількості від споруди до фону з найвищими показниками, як і було описано вище, поблизу штучної споруди. Слід особливо вказати на надто високий вміст Cr в даній споруді і поблизу неї. Для решти металів вміст їх в споруді суттєво більше, ніж найвищий їх вміст в ґрунті поблизу інженерно-дорожньої споруди. Певно, що відсутність міграції Cu легко пояснити теоретичними розрахунками, згідно яким мінімальна розчинність гідроксокомплексів припадає на значення рН=9,8, що дуже близько до значення рН ґрунту поблизу інженерної споруди 3.

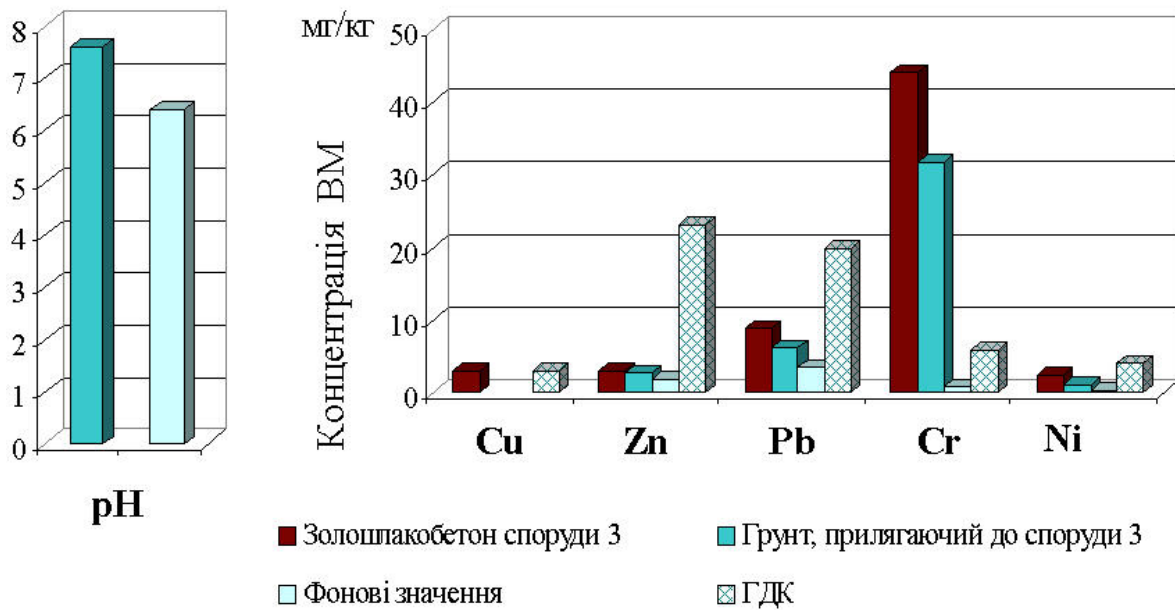


Рис. 3 – Міграція важких металів з штучної споруди 3

Перевищення ГДК спостерігається тільки для хрому і складає 5,27 ГДК, інші ВМ вносять незначний внесок в сумарний вплив металів, збільшуючи коефіцієнт $\sum \frac{C_i}{ГДК_i}$ до 6,0. Коефіцієнт концентрації складає від 1,4 для Zn до 38,5 для Cr.

В інженерній споруді 4 (рис. 4) вміст всіх вивчаємих ВМ (Cu, Zn, Pb, Ni, Cr) плавно зменшується від споруди до фону, з відзначеною вище тенденцією накопичуватися поблизу інженерної споруди. В порівнянні з яким фонові показники для Cu, Zn, Pb, Cr, Ni відповідно в 3,8 ; 2,9 ; 1,8 ; 18,4 ; 14,2 рази нижче. В 4-ої споруді, як і в 3-ій, спостерігається дуже висока концентрація Cr в золошлакобетоне споруди і поблизу неї, що відповідно в 2,1 рази вище значення ГДК.

Поблизу споруди 4 Cu і Ni містяться в кількостях вищих ГДК в 1,2 і 1,01 рази відповідно. Вміст Zn і Pb ніде не перевищує значень ГДК. Однак в ґрунті поблизу споруди вони у декілька разів вище за фонові значення. Суттєво перевищують фонові значення концентрації Cr і Ni в ґрунті поблизу інженерної споруди: в 18,4 рази для Cr і в 14,2 рази для Ni.

Для ґрунтів поблизу споруди 4 характерне кисле середовище (рН=5,7) ґрунту. При такому значенні рН всі п'ять розглянутих металів не утворюють гідроксидів і гідроксокомплексів, а легко

переходять в розчин у вигляді іонів Me^{z+} , що сприяє їх міграції на значні відстані. Для всіх металів їх вміст в ґрунті поблизу споруди значно нижче, ніж в ньому самому, а коефіцієнт $\sum \frac{C_i}{ГДК_i}$ хоча і вище норми в 4,8 рази, але нижче, ніж в трьох попередніх штучних спорудах. Однак, не можна затверджувати, що в цьому випадку ситуація більш благополучна. Вилуговування ВМ із споруди 4 відбувається не менше ніж в інших випадках. А низьке значення рН сприяє міграції розглянутих ВМ в таких умовах на значні відстані.

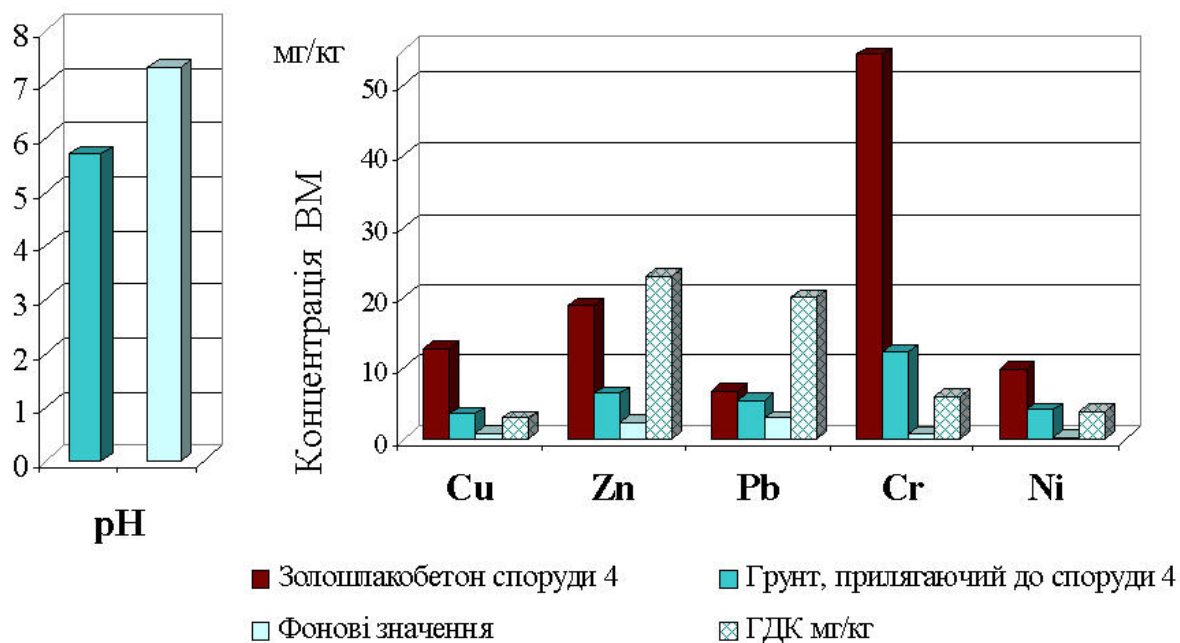


Рис. 4 – Міграція важких металів з штучної споруди 4

Для перших трьох дорожньо-транспортних споруд аналогічно може різко зменшуватися концентрація ВМ поблизу споруди при зменшенні рН ґрунту, наприклад, при випаданні кислотних дощів.

Окремо слід приділити увагу міграційній здатності свинцю, діапазон максимального осідання гідроксиду якого дуже вузький (рН=10,5) і знаходиться в лужній області, внаслідок чого тільки при такому значенні рН стає важкорозчинним, що важливо врахувати в дорожньому будівництві та експлуатації автомобільних доріг. У кислому, нейтральному і слабколужному середовищі в розчині присутні іони – Pb^{+2} , $Pb(OH)^+$, а в лужному – $Pb(OH)_3^-$ і

$Pb(OH)_4^{2-}$. Для України, де значення рН ґрунтового середовища змінюються від 4,5 до 10,5, можна стверджувати, що свинець має високу рухливість для всіх типів ґрунтів.

Висновки. Таким чином, доведена можливість створення екологічно небезпечної ситуації при використанні у будівництві фосфогіпсу та золошлаків ТЕС, оскільки:

1. Необхідна умова, сумарна дія токсичних речовин, що враховує $\sum \frac{C_i}{ГДК_i} < 1$ не виконується ні для однієї споруди, коефіцієнт

концентрації змінюється від 1,2 до 73,2.

2. Встановлена закономірність зменшення концентрацій металів Cu, Pb, Cr і Zn від споруди до фону.

3. Встановлено, що ні для однієї споруди не виконується вимога щодо коефіцієнта концентрації, який значно вище за норму.

4. Доведено, що кисле середовище споруди 4 (рН=5,7) сприяє міграції всіх металів на великі відстані в порівнянні з лужним і нейтральним середовищами, що підтверджується теоретичними розрахунками.

5. В обстеженій забудованій зоні поблизу ДТС по всіх показниках наголошується перевищення вмісту ВМ в порівнянні з фоновими значеннями.

Визначивши кислотність ґрунтового середовища можна передбачити міграційну здатність або акумуляцію сполук важких металів, і, отже, можливість подальшого розповсюдження токсичних елементів в екосистемі, що диктується вимогами створення безпечних умов життєдіяльності людини в сучасних умовах.

Вивчення взаємодії інженерних споруд, що містять промислові відходи, з навколишнім природним середовищем, проведення еколого-економічного аналізу умов безпечного застосування відходів при будівництві, розробка фізико-хімічних способів попереднього очищення деяких промислових відходів, забезпечення вимог екологічної безпеки при проектуванні, будівництві і реконструкції в даний час є актуальною темою.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бент О.И. Геолого-экологические особенности строительного сырья // Строительные материалы и конструкции, 1992.— № 1.— С. 18.

2. Буц Ю.В., Крайнюк О.В. Моделирование миграционной способности тяжелых металлов при чрезвычайных ситуациях техногенного характера // *Екологія і раціональне природокористування: зб. наук. праць СумДПУ ім. А.С.Макаренка.-2006.- С. 96-100.*
3. Гончарук Е. И., Сидоренко Г. И. Гигиеническое нормирование химических веществ в почве.– М.: Медицина.– 1986.– 320 с.
4. Дубиковский Г. П. О корреляционной зависимости между содержанием микроэлементов в почвах БССР и частотой онкологических заболеваний // *Химия в сельском хозяйстве.– 1982.– Т. XX.– № 3.– С. 23–24.*
5. Илялетдинов А. Н. Микробиологические превращения металлов.– Алма-Ата: Наука, 1984.– 268 с.
6. Клер В. Р. Металлогения и геохимия. Закономерности концентрации элементов и методы их изучения. М.: Наука.– 255 с.
7. Ковальский В. В., Петрунина Н. С. Геохимическая экология и эволюционная изменчивость растений // *Проблемы геохимии.– М.: Наука.– 1965.– С. 565–570.*

УДК 614.84

*Бабенко О.В., канд. техн. наук, ст. викл., УЦЗУ,
Лісняк А.А., викл., УЦЗУ*

АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ЗНИЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ НАСЛІДКІВ ПОЖЕЖ (представлено д-ром техн. наук Куценком Л.М.)

Викладений аналіз сучасних шляхів зниження екологічних наслідків надзвичайних ситуацій та обґрунтована доцільність використання неорганічних гелів на силікатній основі для зменшення екологічних наслідків пожеж

Постановка проблеми. Збитки від аварій та пожеж доцільно розглядати як комплекс еколого-економічних втрат [1]. До складових цих втрат можна віднести: збитки, що завдані об'єкту вогнем, димом, вогнегасними речовинами; витрати на відновлення функціонування об'єкту після пожежі; соціальні виплати у випадку загибелі чи каліцтва людей.

Особливу небезпеку для життя людей та навколишнього середовища становлять пожежі на об'єктах із наявністю небезпечних хімічних речовин. Гасіння пожеж на таких об'єктах водою може призвести до того, вода разом із розчиненими хімічними речовинами потрапляє до стічних вод та ґрунту, збільшуючи екологічні наслідки пожежі. На сьогоднішній день на Україні налічується понад 1,6 тис. об'єктів із наявністю небезпечних хімічних речовин. Загальна кількість небезпечних хімічних речовин, що обертаються у технологічних процесах в Україні за статистикою 2005 року становить 330 тис. т.

Гасіння пожеж на перелічених об'єктах в Україні здійснюється водою та повітряно-механічною піною. Беручи до уваги те, що лише 1 ÷ 4% води [2, 3], що подається на гасіння пожежі, приймає безпосередню участь у ліквідації горіння, а решта стікає з поверхонь, заливає оточуючі конструкції та розчиняє хімікати, екологічні наслідки від пожежогасіння на даних об'єктах можуть перевищити збитки від самої пожежі.

На сьогоднішній день в Україні практично не приділяється увага питанню збирання води під час та після завершення пожежогасіння, що збільшує потенційні екологічні наслідки від пожеж, особливо на об'єктах із наявністю небезпечних хімічних речовин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У країнах більшості країн Європи та США боротьбі з проливанням води під час пожежогасіння приділяється багато уваги. Серед підходів до вирішення цієї проблеми можна виділити наступні:

- улаштування конструкцій для збору води після гасіння [4];
- використання адсорбційних подушок [5];
- використання імпульсної подачі вогнегасних засобів [2, 3];
- розробка нових вогнегасних складів з високою вогнегасною дією, що дозволять запобігти zalиванню [6].

Попереднє встановлення конструкцій для збору води після пожежогасіння [4] хоча і дозволяє зібрати до 80% усїєї пролитої води, проте створює додаткові проблеми, пов'язані із очищенням зібраної води, ремонтом та поточним обслуговуванням конструкцій.

Використання адсорбційних подушок [5] дозволяє на 1 кг ваги адсорбенту збирати до 40 л води, що робить їх використання доцільним при гасінні невеликих пожеж. Проте для гасіння розвинених пожеж витрати води можуть складати 100 л·с⁻¹ та більше,

що практично унеможливорює використання адсорбційних подушок.

Суттєво знизити витрати води на пожежогасіння, а відповідно і кількість пролитої води дозволяє використання технічних засобів імпульсної подачі [2, 3]. Такі засоби добре себе зарекомендували при ліквідації пожеж у початковій стадії розвитку, особливо у невеликих приміщеннях. Проте, для гасіння пожеж на відкритих технологічних установках, ліквідації пожеж розливів ЛЗР та ГР, пористих та подрібнених речовин і матеріалів, використання технології імпульсної подачі є недоцільним через малі витрати вогнегасних речовин, залежність від джерела високого тиску та обмежену кількість імпульсів.

Розробка нових вогнегасних складів, що мають високу вогнегасну здатність, є на сьогоднішній найбільш поширеним підходом при вирішенні питання зниження збитків від пожеж [6]. На сьогоднішній день розроблена ціла низка вогнегасних складів, які мають високі вогнегасні показники [7]. Проте, кожен зі складів рекомендується для гасіння окремого вузького класу пожеж, та не може стати повноцінною заміною воді.

Постановка завдання та його вирішення. Для зменшення екологічних наслідків пожеж необхідно зменшити кількість води, яка проливається під час пожежогасіння, а також організувати збирання пролитої води після його завершення. Здійснити це пропонується шляхом розробки та використання спеціальних вогнегасних складів.

При цьому до даних вогнегасних складів висувуються наступні вимоги:

- високі показники вогнегасної здатності при зменшенні витрат на пожежогасіння;
- низька вартість компонентів складу;
- безпечність для людини та навколишнього середовища;
- технологічність, простота зберігання, транспортування;
- можливість подачі з використанням існуючої пожежної техніки;
- легкість видалення залишків після завершення гасіння пожежі.

Для розв'язання даної задачі пропонується використання неорганічних гелеутворюючих систем, які містять до 98% води [8].

Дані системи, при потраплянні на поверхні у зоні горіння чи на шляхах поширення полум'я повністю втрачають текучість та

утворюють вогнезахисний шар. Такі системи складаються з води, гелеутворювача та коагулятора гелеутворення. У якості основи даних складів використовується полісилікат натрію $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$, вогнегасні та вогнезахисті властивості якого добрі відомі. У якості коагуляторів використовуються водні розчини CaCl_2 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, MgSO_4 , FeCl_3 . Вартість таких систем у декілька разів нижче ніж закордонних аналогів за рахунок того, що їх компоненти є або багатотоннажними технічними продуктами або відходами виробництва.

Шар гелю здатен не тільки захистити поверхні від повторних займань, але й забезпечити захист конструкцій від теплового випромінювання на шляху поширення фронту полум'я. Це дозволяє зменшити витрати води на захист суміжних з пожежою об'єктів та вивільнити частину особового складу та технічних засобів, які залучались до даних робіт. Гель здатен повністю зв'язати воду та утримувати її на вертикальних та похилих поверхнях протягом усього часу гасіння пожежі. При тепловій дії пожежі гель не виділяє токсичних продуктів. При попаданні до ґрунту гелю екологічна ситуація не погіршується так як рН синерезисної рідини знаходиться у межах природного фону (6,1 ÷ 8,5). Здійснення подачі вказаних гелів на гасіння пожеж можливе технічними засобами, які знаходяться на озброєнні пожежно-рятувальних підрозділів України. До того ж після завершення гасіння пожежі залишки вогнегасних складів разом із часткою продуктів горіння легко видаляються з приміщення. У майбутньому планується вивчити питання газопроникних властивостей шарів гелів, а також їх взаємодія із небезпечними хімічними речовинами та продуктами їхнього термічного розкладу.

Висновки. Використання вказаних неорганічних гелеутворюючих складів створює умови для підвищення ефективності пожежогасіння, особливо на об'єктах із наявністю небезпечних хімічних речовин. При цьому зменшення екологічних наслідків від пожеж відбувається внаслідок зменшення витрат вогнегасних засобів та втрати текучості гелів.

Використання гелів дозволяє:

- зменшити кількість продуктів горіння, що потрапляють у навколишнє середовище;
- адсорбувати та зв'язати певну кількість продуктів горіння, що вже виділилися;

– запобігти zalиванню та розчиненню небезпечних хімічних речовин;

– захистити речовини і матеріали, що знаходяться безпосередньо у зоні теплового впливу пожежі від термічного розкладу.

Неорганічні гелі також можуть бути використані для осадження чи зменшення інтенсивності випаровування небезпечних хімічних речовин. Тому виявлення можливості використання неорганічних гелеутворюючих складів для ліквідації надзвичайних ситуацій з викидами небезпечних хімічних речовин є актуальним напрямком наукових досліджень, спрямованих на зменшення екологічних наслідків пожеж.

ЛІТЕРАТУРА

1. Исаева Л.К. Экология пожаров, техногенных и природных катастроф: Учеб. пособие – М.: Академия ГПС МВД России, 2000.- 301с., с 199 – 206.
2. Яремин В.М., Дымов С.М., Дариченко С.Г., Корпичев С.В. Оценка перспектив использования переносного средства импульсной подачи мелкораспыленной воды для тушения пожаров // Пожаровзрывобезопасность. – 1997. - №2. – С. 23 -24.
3. Є. А. Лінчевський, В.В. Сировий Розробка тактичного забезпечення до імпульсних вогнегасників // Пожежна безпека. Науковий збірник. Ч.3. – Черкаси: ЧПБ. – 1999. С. 21-23.
4. Nachlöscharbeiten mit weniger Wasserschaden /Müller W. //Florian Hessen. – 1992. - №4. – р. 19.
5. Tüzolto rendsyerek a vegyi rakfa rakban / Hafos G. // Technika (Magy). – 1991. – 35, №3. – с. 12 – 13.
6. Котов А.Г. Пожаротушение и системы безопасности – Киев: Изд. дом «Репро-Графика», 2003. – 270 с.
7. Жидкостные средства пожаротушения. Обзор зарубежных изобретений /Пивоваров Л.З.; Всесоюзный научно-исследовательский институт противопожарной обороны МВД СССР. – Балашиха-6, 1970. – 65 с.
8. Пат. 60882А Україна, МПК7 А62С 1/00. Спосіб гасіння пожежі та складі для його здійснення/ Борисов П.Ф., Росоха В.О., Абрамов Ю.О., Кіреєв О.О., Бабенко О.В. (Україна); Академія пожежної безпеки України. - №2003032600. Заявл. 25.03.2003; Надр. 15.10.2003; Бюл. №10 – 2 с.

УДК 355.77

*Барбашин В.В., канд. техн. наук, нач. каф., УГЗУ,
Попов И.И., канд. техн. наук, доц., УГЗУ,
Толкунов И.А., ст. преп., УГЗУ,
Ромин А.В., канд. техн. наук, доц., УГЗУ*

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ

(представлено д-ром техн. наук Яковлевой Р.А.)

В статье рассмотрены подходы к оценке экологичности среды обитания защитных сооружений гражданской обороны, проанализованы факторы загрязнения воздушной среды изолированных помещений, указаны перспективы развития средств системы жизнеобеспечения

Постановка проблемы. Одним из основных условий безопасного пребывания человека в защитных сооружениях гражданской обороны есть обеспечение в них экологических показателей воздушной среды пребывания [1-4]. Так, например, конструктивно убежища должны обеспечивать поддержание необходимых санитарно-гигиенических условий для укрываемых: температура воздуха не выше +27-32°C (27°C при влажности 90%, 32°C – при 46%), относительная влажность не больше 90%, содержание углекислого газа не больше 3%, содержание кислорода – не меньше 18-20%.

В закрытых помещениях в условиях большого скопления людей возникает целый комплекс загрязнений, которые человек выделяет в процессе жизнедеятельности. К ним присоединяются, в зависимости от состояния защитных сооружений, особенно в аварийных ситуациях, выделения из конструктивных материалов, технического оборудования и т. п.

Анализ последних исследований и публикаций. Как показывает анализ последних исследований и публикаций [5,6], во время эксплуатации защитных сооружений поддержание в помещении необходимого микроклимата и газового состава обеспечивается с помощью систем воздухообмена, средств очистки воздуха и санитарно-технических устройств. Однако удаление вредных примесей и запахов с помощью технических средств не всегда возможно или связано со значительными экономическими затратами. Более целесообразно проведение их всесторонней ток-

сико-гигиенической оценки и дифференциации по степени опасности еще на этапе проектирования и строительства защитных сооружений. Это требует соответствующей классификации загрязнителей, которая на сегодняшнее время отсутствует.

Постановка задачи и ее решение. В свете особого внимания к вопросам экологии человека и окружающей среды обитания возрастают требования к системам жизнеобеспечения (СЖО) человека в изолированных защитных сооружениях гражданской обороны (ЗС ГО) различного назначения.

Новым подходом к среде обитания человека есть оценка ее экологичности, то есть такого равновзаимного влияния системы «человек – среда», при котором она постоянно пребывает в сбалансированном состоянии. При этом негативные факторы влияния среды сведены к минимуму.

Бесспорно, что главная задача обеспечения жизнедеятельности человека, есть обеспеченность его нормативной, в идеале природной, воздушной средой обитания (ВСО). Более сложные требования предъявляются к ЗС ГО с искусственно созданной и регулируемой ВСО. В зависимости от объекта и насыщения его соответствующими техническими средствами ВСО может характеризоваться различными физическими, химическими и биологическими факторами.

Химические и биологические факторы ВСО определяются широким спектром возможных вредных примесей к воздуху, а также естественным составом атмосферы, компоненты которой лимитируют жизнедеятельность человека (O_2 , CO_2).

С ростом уровня технической оснащенности объектов, оборудования, аппаратов и механизмов, увеличением применения в помещении синтетических материалов загазованность воздуха значительно повышается. Особое внимание следует обращать на синтетические электроизоляционные, теплоизоляционные, декоративно-отделочные, звукодемпфирующие материалы, клеи, краски, лаки, которые даже в обычных условиях эксплуатации, не говоря уже об аварийных ситуациях (пожарах и температурном разогреве), являются источниками загрязнения воздуха [4].

Человек в процессе жизнедеятельности также вносит определенную долю загрязнения в газовый баланс воздушной среды и влияет на образование микрофлоры в воздухе объектов (рис. 1). С выдохом он выделяет в окружающую среду следующие вещества (в

числителье указано содержание вещества, в знаменателе – его количество в пересчете на 24 часа); мг:

монооксид углерода	0,01/108;
аммиак	0,0022/21,6;
углеводороды в пересчете на углерод	0,03 / 21,6;
ацетон	0,00021/2,3;
альдегиды	0,00004/0,43.

Это вызывает необходимость удаления из воздуха обитаемых помещений ЗС ГО, если не всех вредных примесей, то хотя бы большей части из них.

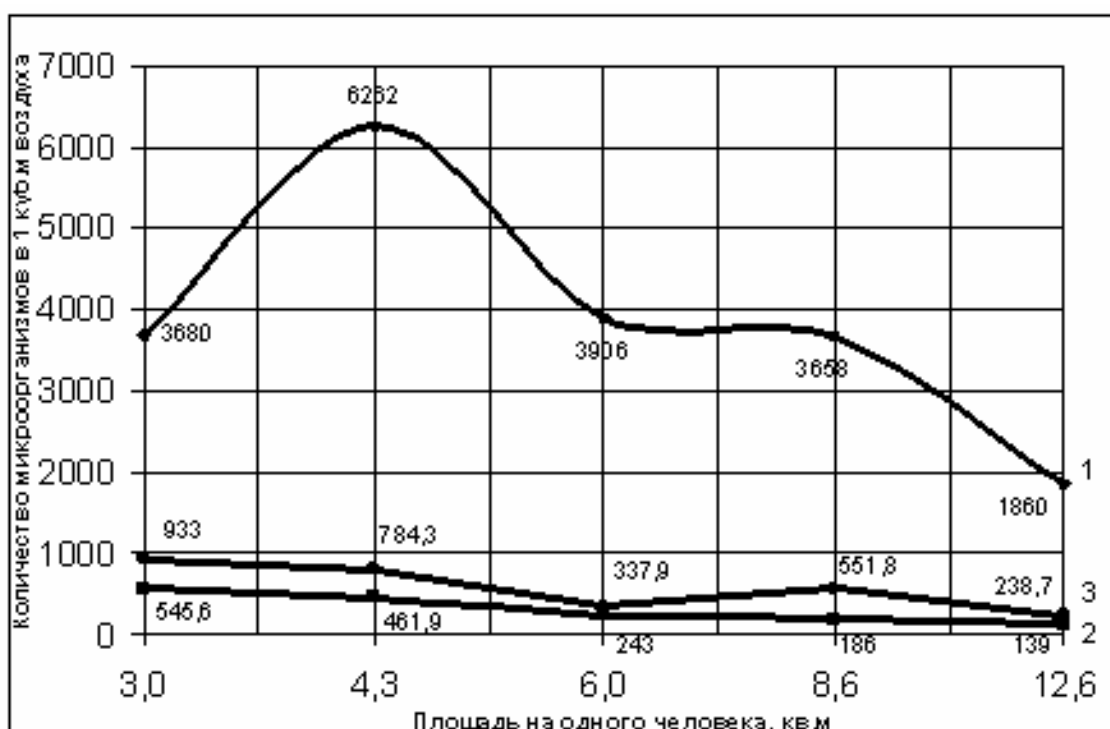


Рис. 1 – Микрофлора в воздухе помещений в зависимости от площади, занимаемой одним человеком: 1 – общее количество микробов в 1 м³ воздуха; 2 – суммарное количество стрептококков в 1 м³ воздуха; 3 – количество плесеней в 1 м³ воздуха

Многие вредные примеси имеют специфический запах, вплоть до зловония. Ощущение его вызывает у людей чувство подавленности, тошноты, позывы на рвоту, головные боли и т. д.

Вопрос о вредности запахов вредных веществ еще мало изучен. Несомненно, что многие запахи при достаточно высокой концентрации могут оказывать на человека токсическое воздействие. Так, содержащиеся в эфирных маслах терпены, спирты, альдеги-

ды, кетоны, фенолы, сложные эфиры являются более или менее выраженными нервными ядами.

Полностью удалять с помощью технических средств вредные примеси и запахи не всегда экономично. По-видимому, когда заранее известны источники загрязнения воздуха, им следует давать всестороннюю токсико-гигиеническую оценку, дифференцировать по степени опасности еще на этапе проектирования и строительства ЗС ГО, учитывая антагонизм, синергизм, потенцирование вредных примесей.

У источников загрязнений общим связующим фактором является способ генерации вредных примесей: активный и пассивный. Исходя из этого, источники делятся на две группы: активные и пассивные. Естественно, такое разделение в значительной мере условно. Оно построено на предположении, что все источники, кроме человека (источник постоянный), выделяют вредные примеси при работе или использовании их по своему назначению.

Источники вредных примесей можно классифицировать по приведенной ниже логической схеме (рис. 2).

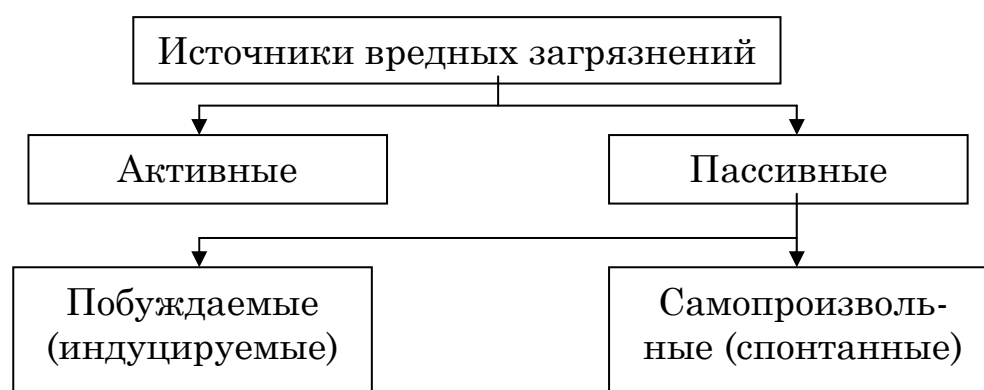


Рис. 2 – Источники вредных загрязнений воздушной среды обитания

Активные источники (табл. 1) объединяют механизмы, приборы и агрегаты, у которых генерация вредных примесей обусловлена обязательным и вынужденным протеканием рабочего цикла.

Последний связан с протеканием химических и физических (механических) процессов. В каждом источнике можно выделить ведущий процесс, участвующий в генерации вредных примесей. При работе электромотора в месте контакта щеток и коллектора в результате физических процессов происходят электрические раз-

ряды, генерирующие в воздухе значительное количество положительных аэроионов. Одновременно щетки стираются, образуя угольную пыль. Вредные примеси генерируются при переключениях электрических цепей в радиоэлектронной и радиотехнической аппаратуре. Возникающие при этом электрические (электромагнитные) поля могут быть опасными для работающего.

Таблица 1 – Активные источники вредных примесей

№ п/п	Источник загрязнения	Вредные примеси
1	Кондиционеры	Гидроаэроионы (тяжелые)
2	Радиоэлектронная и радиотехническая аппаратура	N_mO_n , O_3 , аэроионы (n^+)
3	Сигареты	СО, аэрозоли смолистых веществ, сигаретная пыль
4	Электромоторы (искрение щеток)	Аэроионы (n^+), угольная пыль от щеток
5	Человек	CH_4 , СО, CO_2 , SO_2 , NH_3 , п-крезол, органические кислоты, гиппуровая кислота, фенолы, иодиды, фториды, бромиды, фенол, азот, индол, скатол, меркаптан, амины
6	Аккумуляторные батареи	SbH_3 , SO_2 , N_mO_n , туман H_2SO_4 , аэрозоли гидроксидов

Пассивные источники делятся на две группы: побуждаемые (индуцируемые) и самопроизвольные (спонтанные) источники. В первую подгруппу (табл. 2) включены источники, связанные общим признаком выделения примесей при определенных условиях. На источник действует побуждающий фактор (движение воздуха, высокие температуры, протекающий электрический ток и т. д.). На источнике находится материал (вещество), способный при воздействии побуждающих факторов образовывать (выделять) вредные примеси.

Во вторую подгруппу источников (табл. 3) входят объекты, которые, при любых условиях выделяют в воздух загрязнение самопроизвольно. Это источники относительно непродолжительного

действия (на время их использования), однако существуют и такие, которые выделяют примеси годами, например отделочные синтетические материалы, масляные краски, лакокрасочные покрытия, герметизирующие пасты и т. п. Последняя группа источников выделяет вещества в виде микропримесей, которые, действуя длительное время, могут вызвать у человека функциональные и патологические, изменения.

Таблица 2 – Пассивные побуждаемые (индуцируемые) источники вредных примесей

№ п/п	Источник загрязнения	Вредные примеси
1	Фильтры (масляные, угольные)	Масляные аэрозоль, угольная пыль
2	Поверхности электронагревательных приборов	Акролеин, аэроионы (n^+), C_mN_n
3	Электрические и термические, изоляционные мате-	Хлориды, CO, HCl, HF
4	Защитные покрытия, панели на тепловыделяющих прибо-	При высоких температурах выделяется CO, CO ₂ , альде-
5	Электрокабели (резиновая изоляция различных марок)	CO при возгорании, продукты деструкции
6	Хлопчатобумажные ткани, комбинезоны	Высокодисперсная пыль

Таким образом, предложенная классификация помогает определить вредные воздействия на человека совокупности примесей от различных источников с учетом антагонизма и синергизма токсических веществ. Анализ данных о загрязнении ВСО ЗС ГО показал, что существующие системы очистки и кондиционирования воздуха не в состоянии обеспечить показателей качества ВСО, соответствующих экологическим нормам.

Наиболее перспективными средствами экологизации ВСО есть универсальные электрические фильтры, позволяющие в процессе, очистки дополнительно ионизировать, стерилизовать, дезодорировать воздух, обеспечивая при этом бесшумность работы, безопасность, надежность, удобства и низкую стоимость эксплуатации.

Таблица 3 – Пассивные самопроизвольные (спонтанные) источники вредных примесей

№ п/п	Источник загрязнения	Вредные примеси
1	Санузлы	H ₂ S, NH ₃ , индол, скатол, амины, фенолы, серные эфиры
2	Дегазирующие, дезинфицирующие вещества	Пары дихлорэтана, пары соляной кислоты, хлор, пары четыреххлористого углерода
3	Предметы личного обихода человека (сапожный крем, мыло, одеколон и др.)	C _m N _n , спирты
4	Пластики, герметизирующие пасты	Хлораты, ароматические углеводы
5	Линолеум, мастики	Гетероциклические соединения, минеральные спирты, при горении CO, CO ₂ , F и т.
6	Медикаменты	Метанол, йод, эфир и др.
7	Радиоактивные краски на циферблатах часов и измерительных приборах	Радиоактивные аэрозоли, ионы, пары ртути, радон
8	Смазочные масла	C _m N _n
9	Топлива, растворители, клейкие вещества	C _m N _n , минеральные спирты
10	Спирты, фенолы	C _m N _n , формальдегид
11	Лакокрасочные покрытия, масляные краски	Минеральные спирты, фенолы, фурфурол, индол, скатол, фталевые соединения

Выводы. Предложена классификация вредных примесей в ВСО ЗС ГО, которая отработана с учетом их антагонизма, синергизма, а также источников возникновения. Определены перспективные подходы к решению вопросов обеспечения экологических показателей воздушной среды обитания защитных сооружений гражданской обороны.

ЛИТЕРАТУРА

1. ССТБ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. ГОСТ 12.1.005-88. - М.: Стандарт, 1988. – 25 с.
2. Овручский И.А. Система жизнеобеспечения обитаемых защитных сооружений. - Пермь: Изд-во ПВВКУ, 1980. - 173 с.
3. Пухов В.А., Фокин Ю.Г. Медико-техническое обеспечение труда специалиста. – М.: МО СССР, 1979. – 96 с.
4. Конычев А.А. Управление процессами очистки и ионизации воздуха. - К.: Наукова думка, 1986. – 228 с.
5. Экология помещений и здоровье. - [Http://www.ecoquest.iwarp.com/Zn_Eco_home.htm](http://www.ecoquest.iwarp.com/Zn_Eco_home.htm).
6. Живой воздух.- [Http://www.ecoquest.iwarp.com/Living_Air.htm](http://www.ecoquest.iwarp.com/Living_Air.htm).

УДК 355.77

*Барбашин В.В., канд. техн. наук, нач. каф., УЦЗУ,
Фесенко Г.В., канд. техн. наук, доц., УЦЗУ,
Рютін В.В., ст. викл., УЦЗУ*

ОСОБЛИВОСТІ ПРОГНОЗНОЇ ОЦІНКИ ЗАБРУДНЕННЯ РІК НЕБЕЗПЕЧНИМИ ХІМІЧНИМИ РЕЧОВИНАМИ ДЛЯ РІЗНОЇ ПОРИ РОКУ

(представлено д-ром техн. наук Бодянським Е.В.)

Визначені параметри, які необхідно додатково розраховувати або уточнювати під час проведення прогнозної оцінки забруднення рік у зимовий період. Показані особливості прогнозної оцінки для різної пори року на прикладі ділянки ріки Сіверський Донець

Постановка проблеми. Спостереження за хімічним забрудненням водних об'єктів України, яке проводилось у 2005 році на 151 водному об'єкті в 240 пунктах дозволило виявити 599 випадків високого та 2 випадки надзвичайно високого забруднення на 74 водних об'єктах. Дані випадки мали місце у різні пори року, за наявності або відсутності льоду на річках, різної температури води та стану русел. Оскільки ряд характеристик водних об'єктів (самоочищення, випаровування забруднюючих речовин тощо) змінюють

свої значення у зимовий період, прогнозна оцінка забруднення у зимовий період повинна вестися з урахуванням цих змін.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз існуючих підходів щодо прогносної оцінки забруднення відкритих водних джерел [2-5] показує, що під час розрахунків вибираються усереднені значення коефіцієнтів, що залежать від пори року (коефіцієнтів самоочищення водотоків у разі забруднення нафтопродуктами, фенолами, формальдегідом та коефіцієнтів випаровування деяких небезпечних хімічних речовин (НХР), наприклад метиламіну, сірководню), шорсткість враховується тільки для русла річки і не враховується для нижньої поверхні льоду в зимовий період.

Мета статті – показати особливості здійснення прогносної оцінки забруднення рік НХР в різні пори року.

Постановка завдання та його вирішення. Основним показником оцінки забруднення під час досліджень оберемо «орієнтовну максимальну концентрацію НХР в заданому створі ріки (контрольній точці)».

Розрахунки проведемо для літа (червень) та зими (грудень). Використаємо у якості змінного параметру час аварійного скидання (t_0 , год), розглянемо середні швидкості течії ріки на заданій ділянці $v = 0,5$ м/с та $v = 0,6$ м/с і задамо наступні вихідні дані: назва забруднюючої речовини – бензин; об'єм аварійного скидання $W = 70$ м³; концентрація НХР в аварійному скиданні $C_a = 700$ мг/л; температура води $T_e = +20$ °С для літа і $T_e = +2$ °С для зими; довжина досліджуваної ділянки (відстань від місця аварійного скидання до створу водозабору (контрольної точки)) $L = 5$ км; середня глибина ділянки $H = 1,2$ м; характер русла – «ріка у надзвичайно сприятливих умовах»; середня ширина ділянки ріки $B = 8$ м; коефіцієнт шорсткості для відкритого русла $n_w = 0,02$; коефіцієнт повздовжньої дисперсії (приведений) $D_n = 3$ м (літо) [2]; коефіцієнт самоочищення $K = 2,4$ 1/доба (літо); коефіцієнт, який враховує випаровування речовини у початковий період змішування з водою $Y = 1$ (літо) [2]; гранично допустима концентрація $ГДК_e = 0,1$ мг/л [6]; коефіцієнт, який враховує змішування речовини у масі водного потоку $j = 0,8$ [2].

Для врахування наявності льоду на річці та меншої температури води в зимовий період додатково визначимо коефіцієнт шорсткості для нижньої поверхні льоду $n_l = 0,05$ [2] та коефіцієнт повздовжньої дисперсії для умов льодоставу $D_n = 27,68$ м [2], а та-

кож уточнимо коефіцієнт самоочищення водотоків $K=0,06$ 1/доба [2] та коефіцієнт, який враховує випаровування речовини у початковий період змішування з водою $Y=1$ (в даному випадку значення цього коефіцієнту зимою та літом співпадають).

Застосуємо наступні аналітичні співвідношення для проведення розрахунків: часу добігання річкової води від місця аварії до заданого створу (t_0 , год): $t_0 = L/(3,6 \cdot v)$; часу підходу зони забруднення з максимальною концентрацією НХР до заданого створу ріки (t_{\max} , год): $t_{\max} = t_0 + t_0/2$; витрати забруднюючої речовини (q , м³/с), що потрапляє до ріки: $q = W \cdot Y/3600 \cdot t_0$; витрати води у річці вище місця скидання НХР (Q , м³/с): $Q = v \cdot B \cdot H$; коефіцієнту J , який враховує поперечну дисперсію НХР в річці: $J = q/(j \cdot Q + q)$; коефіцієнту повздовжньої дисперсії (фактичного) (D , м²/с): $D = D_n \cdot v$; параметра Z : $Z = D \cdot t_{\max}/6 \cdot v \cdot t_0$; коефіцієнту (S), який враховує повздовжню дисперсію НХР в річці: $S = 3,1415/(1+Z)$, якщо $Z > 3$ і $t_{\max} > t_0$; $S = 1$, якщо $Z < 3$ або $t_{\max} < t_0$; коефіцієнту (e), який враховує неконсервативність НХР: $e = \exp(-K \cdot t_0/24)$; орієнтовної максимальної концентрації НХР (C_{\max} , мг/л) в заданому створі ріки (контрольній точці): $C_{\max} = C_a \cdot J \cdot S \cdot e$.

Результати досліджень ілюструються графіками на рис.1. Аналіз даних графіків дозволяє зробити наступні висновки:

C_{\max} у контрольній точці прямо пропорційно збільшується при збільшенні часу аварійного скидання для літа і має нелінійну залежність для зими;

перевищення $ГДК_6$ взимку досягається швидше чим влітку (так, наприклад, для $v = 0,5$ м/с через 0,33 години та 0,43 години відповідно);

до моменту $t_0 = 0,53$ години для $v = 0,5$ м/с та $t_0 = 0,69$ години для $v = 0,6$ м/с C_{\max} взимку є більшою, після чого стає меншою, ніж влітку;

чим більшою є швидкість течії, тим повільніше досягається $ГДК_6$ (і влітку, і зимою), і тим меншою потім залишається C_{\max} .

Покажемо особливості прогновної оцінки забруднення на ділянці ріки Сіверський Донець в зимовий та в літній період (рис. 2).

Нехай має місце наступна ситуація. З моста в районі населеного пункту Левківка внаслідок аварії впала цистерна об'ємом $W=70$ м³ (місце скидання показане на рис. 2). Внаслідок її розгерметизації до ріки Сіверський Донець протягом часу t_0 потрапляли нафтопродукти з концентрацією в аварійному скиданні

Особливості прогновної оцінки забруднення рік
небезпечними хімічними речовинами для різної пори року

$C_a = 800$ мг/л. Необхідно визначити орієнтовну максимальну концентрацію НХР C_{\max} в районі контрольної точки біля населеного пункту Іванівка (рис. 2) для літа ($T_e = +20$ °С) та зими ($T_e = +2$ °С) з урахуванням зміни часу аварійного скидання t_0 .

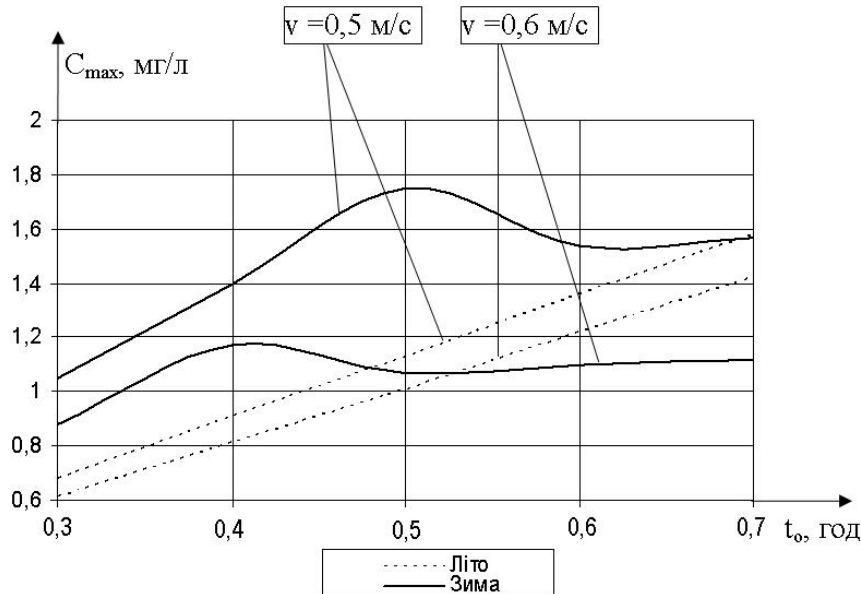


Рис. 1 – Графік залежності максимального значення орієнтовної максимальної концентрації НХР у створі водозабору (контрольній точці) від часу аварійного скидання

Покажемо особливості прогнозування забруднення на ділянці ріки Сіверський Донець в зимовий та в літній період (рис. 2).

Нехай має місце наступна ситуація. З моста в районі населеного пункту Левківка внаслідок аварії впала цистерна об'ємом $W=70$ м³ (місце скидання показане на рис. 2). Внаслідок її розгерметизації до ріки Сіверський Донець протягом часу t_0 потрапляли нафтопродукти з концентрацією в аварійному скиданні $C_a = 800$ мг/л. Необхідно визначити орієнтовну максимальну концентрацію НХР C_{\max} в районі контрольної точки біля населеного пункту Іванівка (рис. 2) для літа ($T_e = +20$ °С) та зими ($T_e = +2$ °С) з урахуванням зміни часу аварійного скидання t_0 .

Для розв'язання задачі:

визначаємо за допомогою карти: $L=3,5$ км; $H = 2$ м; $B=55$ м; $v = 0,3$ м/с;

беремо з довідкових даних [2] та [6]: характер русла – «ріка у надзвичайно сприятливих умовах»; $n_{uv} = 0,025$ (літо); $D_n = 3,6$ м (лі-

то); $K=0,3$ 1/доба (літо), $j = 0,8$; $ГДК_в=0,3$ мг/л; додатково визначаємо для зими: $n_л = 0,05$; $D_n = 28,02$ м; уточнюємо: $K=0,02$ 1/доба; $Y=1$; здійснюємо розрахунки відповідно до підходу, викладеного вище.



Рис. 2 – Карта місцевості з позначенням місця скидання НХР та контрольної точки для визначення C_{max}

Результати досліджень подані у вигляді графіків на рис.3.

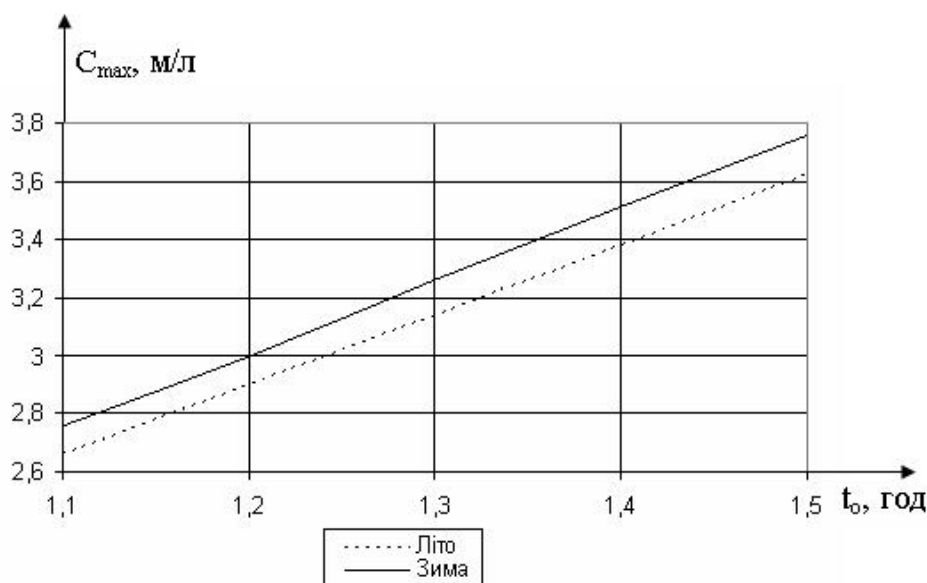


Рис. 3 – Графіки залежності орієнтовної максимальної концентрації НХР в заданій контрольній точці від часу аварійного скидання для різної пори року

Аналіз графіків дозволяє зробити висновки:

C_{\max} у контрольній точці прямо пропорційно збільшується при збільшенні часу аварійного скидання, як для літа, так і для зими;

перевищення $ГДК_в$ взимку досягається швидше чим влітку (через 1,2 години та 1,24 години відповідно).

Проведення розрахунків з урахуванням визначених сезонних особливостей доцільно покласти в основу підготовки силами реагування на аварійні скидання НХР довідкових даних про масштаби можливого забруднення в своїх районах відповідальності. Автори пропонують наступний підхід до складання таких даних:

визначаються на карті координати місць найбільш імовірного аварійного скидання НХР (місць розташування очисних споруд; мостів, небезпечно хімічних об'єктів та ін.) та місць забору води для народно-господарчих потреб (контрольних точок);

розглядаються найбільш імовірні причини виникнення аварійних ситуацій (вихід з ладу очисних споруд, перекидання з мосту транспортного засобу, що перевозить НХР, та ін.);

розраховується по карті довжина кожної ділянки забруднення ріки (від місця імовірного аварійного скидання НХР до контрольної точки);

визначаються по карті основні параметри ділянок забруднення ріки: ширина, глибина, швидкість течії;

на підставі визначених вихідних даних для кожної ділянки забруднення ріки будуються з урахуванням сезонних особливостей залежності орієнтовної максимальної концентрації визначених НХР в заданих контрольних точках ріки від часу їх аварійного скидання, кількості, що вилилася, температури повітря та подаються у вигляді графіків або таблиць.

Висновки. Таким чином, у статті для підвищення точності прогнозу оцінки забруднення рік у зимовий період рекомендується додатково розраховувати і далі використовувати коефіцієнт шорсткості для нижньої поверхні льоду та коефіцієнт повздовжньої дисперсії для умов льодоставу, а значення коефіцієнту самоочищення водотоків та коефіцієнту випаровування НХР уточнювати в залежності від температури води. Порядок врахування під час розрахунків значень вказаних коефіцієнтів показаний на прикладі оцінки забруднення ділянки ріки Сіверський Донець. Крім того, авторами надані рекомендації щодо підготовки силами реа-

гування на аварійні скидання НХР довідкових даних про масштаби можливого забруднення в своїх районах відповідальності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні в 2005 р. – http://www.mns.gov.ua/annual_report/2006.
2. Методика прогнозной оценки загрязнения открытых водоемов аварийно химически опасными веществами в чрезвычайных ситуациях. – М.: ВНИИ ГОЧС, 1996. – 38 с.
3. Клименко М. О. Моніторинг довкілля: Підручник/ М.О. Клименко, А.М. Прищепа, Н.М. Вознюк. – К.: Академія, 2006. – 360 с.
4. Усовершенствованные методические рекомендации по оперативному прогнозированию распространения зон опасного аварийного загрязнения в водотоках и водоемах, а также уровню содержания в воде основных загрязняющих веществ. – С.-П.: Гидрометеоиздат, 1992. – 53 с.
5. Расчет разбавления примесей в реках при сосредоточенных стационарных выпусках сточных вод: Методические указания. – Екатеринбург, 1998. – 24 с.
6. Правила приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України. Наказ Держбуду України від 19 лютого 2002 року № 37 (Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 26 квітня 2002 р. за № 403/6691).

Безуглов О.Е., нач. каф., УГЗУ

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ СИЛОВЫХ ПОЛЕЙ НА ПРОТИВОИЗНОСНЫЕ СВОЙСТВА РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ ГИДРОПРИВОДОВ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

(представлено д-ром физ.-мат. наук Яковлевым С.В.)

Рассмотрен один из путей увеличения ресурса специальной техники, используемой в подразделениях МЧС Украины

Постановка проблемы. Эффективность ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций во многом определяется надежностью специальной техники. Следует особо отметить, что большая часть специальной техники, используемой в подразделениях МЧС Украины, практически выработала свой технический ресурс. В этой связи одним из направлений по обеспечению эффективной эксплуатации специальной техники является совершенствование эксплуатационных характеристик этой техники.

Анализ последних исследований и публикаций. Исследованиям влияния внешних силовых полей на эксплуатационные свойства смазочных материалов посвящено большое количество работ. По направлениям такие исследования можно разбить на 2 группы:

- применение силовых полей для повышения качества смазочных материалов на этапе их производства;
- применение силовых полей для улучшения противоизносных и других свойств смазочных материалов в процессе их эксплуатации.

Первая группа исследований немногочисленна, к ней можно отнести, например, использование электростатических и электромагнитных полей для интенсификации процесса смешения присадок с базовыми маслами [1]. В результате таких исследований было установлено, что скорость перемешивания присадок, состоящих из молекул ПАВ, повышается на 1-2 порядка, при этом наблюдается более равномерное распределение таких молекул по объему. Ускорение процесса смешения присадок с маслами достигнуто в аппарате, где между электродами, погруженными в нефтепродукт, создается поле напряжением 50 кВ переменного или 70 кВ постоянного тока. Такие присадки как АФК, ЦИАТИМ – 339,

ВНИИНП – 360, полиизобутилен при 18 – 20 °С, попадая в зону действия внешнего электромагнитного или электростатического поля, измельчаются и перемешиваются в масле ДС – 11 за несколько секунд. Такое измельчение, вероятно, связано с разрушением молекулярных агрегатов присадки под действием поля.

Таким образом, за счет влияния внешних силовых полей можно получить более эффективную технологию ввода присадок в смазочные материалы и улучшить их эксплуатационные свойства, однако последнее утверждение не было подтверждено в полной мере.

Вторая группа исследований более многочисленна, поскольку положительные эффекты влияния внешних силовых полей на свойства смазочных материалов были получены различными авторами, применительно к различным техническим системам.

Одними из первых работ, посвященных исследованиям влияния электромагнитных полей на противоизносные свойства углеводородных жидкостей являются работы КИИГА.

В работе [2] исследовалось влияние электрического и магнитного полей на смазывающие свойства авиационного дизельного топлива. В результате экспериментальных исследований было установлено, что при определенных режимах поля можно добиться снижения интенсивности износа поверхностей трения до 2 раз. В работе [3] изучалось влияние электромагнитных полей на эксплуатационные свойства масел ДС – 11 и МК – 8. Согласно этим исследованиям воздействие магнитного поля на масла позволяет существенно повысить их смазочную способность. Исследования проводились на машине трения СМЦ – 2 с использованием пары трения «ролик - ролик», при этом контактное давление составляло 4 кгс/мм². В качестве показателей определялись: весовой износ неподвижного образца, момент сил трения, температура поверхности образца и масла в камере. Анализ результатов этих исследований позволил установить, что износ испытываемого образца (по критерию – весовой износ) уменьшился в 2 раза, а момент сил трения снизился на 15%. С целью определения влияния электромагнитной обработки на структуру и состав молекул масла был проведен спектральный анализ до и после намагничивания масла. В результате установлено, что характер спектра в обоих случаях одинаков и на основе этого высказано предположение о постоянстве химического состава исходного и намагниченного масла. Результаты электрофизических исследований масла МК – 8 пока-

зали, что намагничивание практически не изменяет плотность, углы смачивания и преломления, вязкость масла в интервале $20\text{ }^{\circ}\text{C} - 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ изменяется незначительно (от 3% до 6%). Обработка масла МК – 8 электромагнитным полем велась при следующих режимах: длина активной зоны воздействия на масло 0,078 м; скорость потока масла по трубопроводу 0,47 м/с; напряженность магнитного поля в зазоре 120 кА/м.

Влияние электростатического поля на противоизносные свойства дизельных топлив строительных машин было раскрыто в работе [4]. Установлено, что при обработке топлива непосредственно перед подачей его в насос высокого давления, износ плунжерных пар сокращается в 1,3-1,5 раза.

Наиболее глубокое исследование влияния внешних электростатических полей на противоизносные свойства РЖ гидроприводов строительных и дорожных машин было проведено проф. Лысыковым, доц. Косолаповым, доц. Ворониным.

Предварительными исследованиями установлено, что под действием электростатической обработки РЖ повышается толщина адсорбционного слоя, образованного на металлических поверхностях, что позволяет предполагать о возможности снижения износа пар трения гидроагрегатов. В дальнейшем такое снижение было подтверждено лабораторными исследованиями, стендовыми и эксплуатационными испытаниями.

По результатам предварительных лабораторных исследований установлено, что толщина адсорбционного слоя под воздействием внешнего электростатического поля возрастает в 1,5 - 2,2 раза, причем максимальный эффект наблюдается при напряженности поля $0,56 \cdot 10^6$ В/м и скорости потока РЖ между электродами 6 м/с. Такое увеличение, согласно теоретических и экспериментальных исследований, приводит к снижению интенсивности изнашивания пар трения до 4 раз, в зависимости от режимов нагружения.

Постановка задачи и ее решение. Для объяснения полученных эффектов была выдвинута гипотеза о разрушении в электростатическом поле агрегатов молекул ПАВ – мицелл. Это явление сопровождается повышением концентрации мономеров молекул ПАВ в объеме РЖ, т.е. создаются условия для эффективного формирования адсорбционного слоя большей толщины. Кроме того, под действием поля интенсифицируется адсорбция ПАВ на продуктах износа, что также положительно сказывается на процессах трения и изнашивания в сопряжениях гидроагрегатов. Та-

ким образом, электростатическая обработка приводит к изменению структуры РЖ, рис. 1.

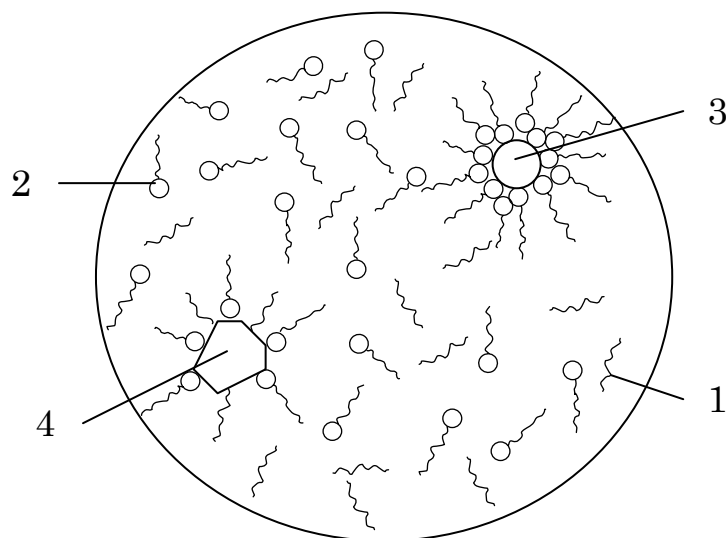


Рис. 1 – Структура РЖ после ее обработки электростатическим полем (1 – молекула базового масла; 2 – одиночная молекула ПАВ; 3 – продукт износа, покрытый оболочкой ПАВ; 4 – неметаллическая частица, покрытая оболочкой ПАВ)

Исследованиями изменения скорости изнашивания в условиях электростатической обработки РЖ на машине трения СМТ – 1 установлено, что продукты износа, покрываясь оболочками ПАВ, оказывают существенное влияние на процесс износа. В качестве испытуемой пары трения использовалась пара "колодка – ролик", а материалы этих образцов были подобраны в соответствии с материалами сопряжений аксиально-плунжерных насосов строительных машин. В результате исследований получена зависимость скорости изнашивания от класса чистоты РЖ, рис. 2.

Анализ графиков, приведенных на рис. 2, показывает, что с повышением класса чистоты РЖ эффект от использования электростатической обработки повышается. В исследуемом диапазоне скорость изнашивания при смазке обработанной РЖ падает в 1,8 – 4 раза по мере увеличения класса чистоты.

На основании представленных результатов исследований был сделан вывод о том, что продукты износа, покрытые оболочкой ПАВ, вступают во взаимодействие с поверхностями трения и нивелируют микронеровности поверхностей. В результате этого

повышается фактическая площадь контакта в сопряжениях, и снижаются контактные давления, а значит и износ.

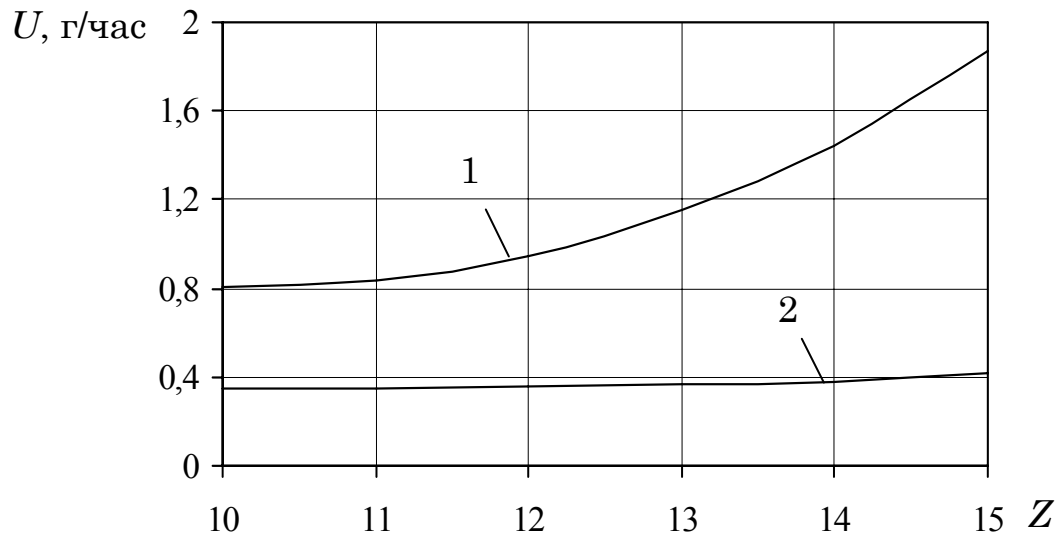


Рис. 2 – Зависимость интенсивности износа пар трения от класса чистоты РЖ (1 – смазка необработанной жидкостью; 2 – смазка обработанной жидкостью)

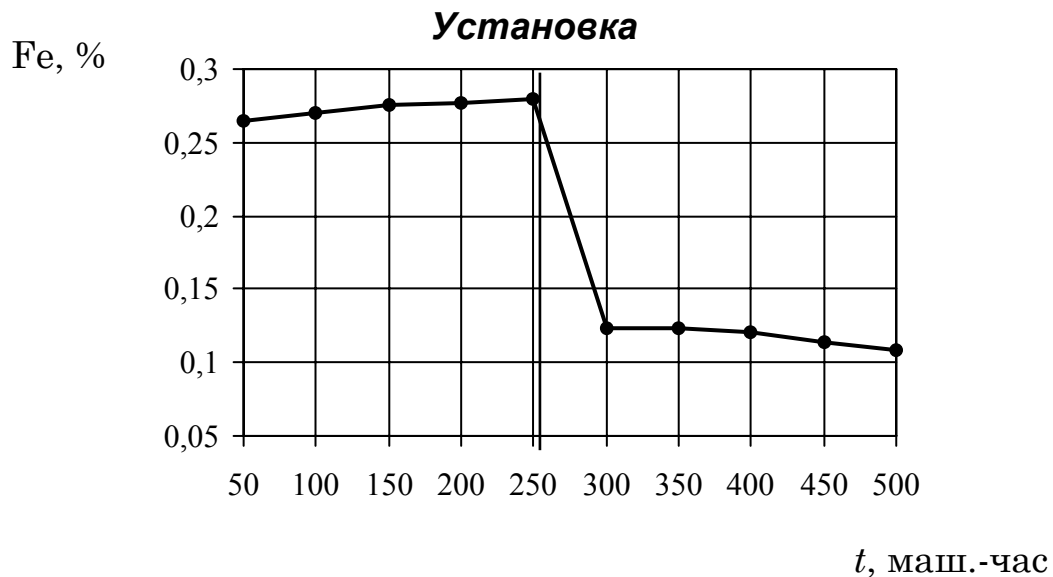


Рис. 3 – Изменение содержания железа в РЖ в зависимости от наработки экскаватора

Кроме лабораторных исследований проводились стендовые и эксплуатационные испытания аксиально-плунжерных насосов экскаваторов в условиях обработки РЖ внешним электростатическим

ким полем. Так, в работе [5], проводились испытания насоса экскаватора ЭО-3323 со встроенным в гидросистему устройством для обработки РЖ ЭП. Результаты этих испытаний приведены на рис. 3 и 4.

Резкое падение концентрации железа в РЖ после установки устройства для электростатической обработки в гидравлическую систему экскаватора подтверждает предположение об осаждении продуктов износа, покрытых оболочкой ПАВ, на поверхностях трения гидроагрегатов.

Параллельно с исследованиями содержания железа в РЖ через каждые 50 часов наработки экскаватора производились замеры объемного КПД аксиально-плунжерного насоса. При этом получены кривые изменения объемного КПД от наработки насоса, рис. 4.

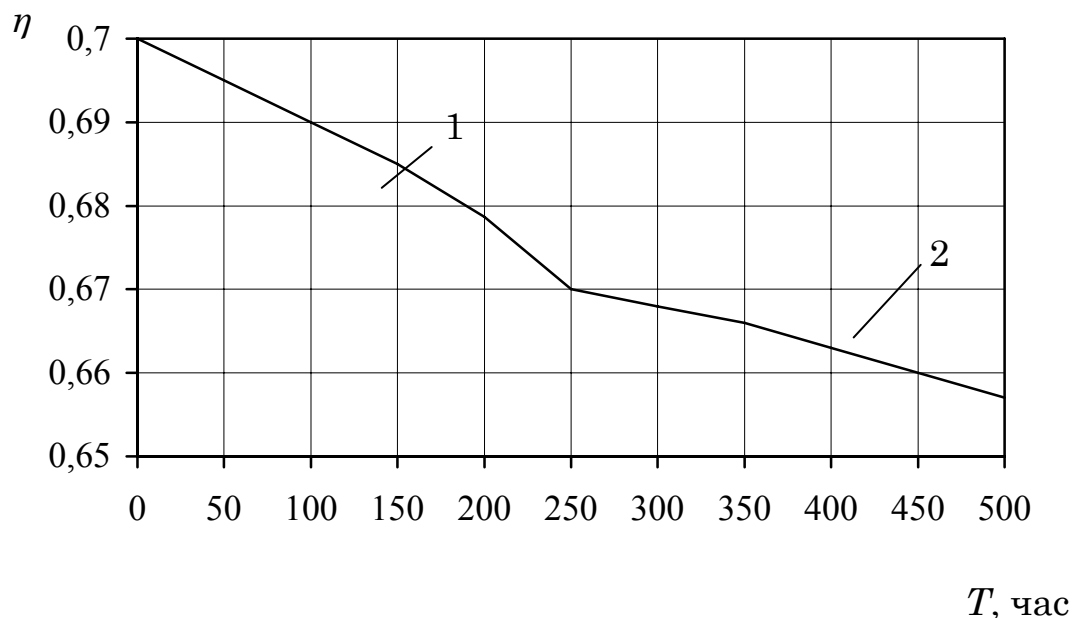


Рис. 4 – Изменение объемного КПД насоса в процессе его эксплуатации (1 - без электростатической обработки РЖ; 2 - с электростатической обработкой РЖ)

При проведении эксплуатационных испытаний установлено, что электростатическая обработка РЖ позволяет снизить скорость падения объемного КПД аксиально-плунжерного насоса на 56%.

Выводы. Проведенные исследования показывают наличие существенного снижения износа аксиально-плунжерных насосов

строительных машин и, как следствие, возможность продления их ресурса.

Следует отметить, что в этих исследованиях не достаточно изучена закономерность изнашивания аксиально-плунжерных насосов спецтехники во времени, а также отсутствуют исследования, необходимые для прогнозирования ресурса таких насосов с учетом суммарных затрат на их эксплуатацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чеботарев И.И. Исследование влияния электрического поля на процесс смешения присадок с маслами // Нефтепереработка и нефтехимия, 1971. – №9. – С. 11-12.
2. Третьяков И.Г., Короленко Ю.И. Влияние электромагнитных воздействий на противоизносные свойства топлива Т-7: Сб. науч. тр. – Киев: КИИГА, 1977. – С. 25-28.
3. Третьяков И.Г., Миронов Е.А. Исследование влияния электромагнитного поля на эксплуатационные свойства масел; Сб. науч. тр. – Киев: КИИГА, 1989. – С. 84-89.
4. Руднев В.К. Улучшение противоизносных свойств нефтепродуктов электрообработкой // Материалы междунар. науч.-техн. конф. «Интерстроймех 2002». – Могилев: МГТУ, 2002. – С. 303-304.
5. Лисіков Є.М., Воронін С.В. Експлуатаційні випробування аксіально-поршневих насосів в умовах обробки РР зовнішнім ЕП // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. Техніка та технологія виконання будівельних, колійних та перевантажувальних робіт на транспорті. – Харків, 2004. – Вип. 58. – С. 58-62.

Безсонний В.Л., викл., УЦЗУ

ПЛАН СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ В ЗОНІ АНТРОПОГЕННИХ ВПЛИВІВ ОБ'ЄКТІВ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

(представлено д-ром хім. наук Калугіним В.Д.)

Представлений план створення системи екологічного моніторингу на території, що піддається антропогенному впливу об'єктів підвищеної небезпеки. Ітераційний процес створення ядра системи покликаний забезпечити зростання достовірності прогнозування і контролю. На кожній ітерації вибір варіанту ядра системи повинен відповідати декларованим обмеженням

Постановка проблеми. Проектування і будівництво промислових об'єктів підвищеної небезпеки пов'язано з проектуванням і створенням систем екологічного моніторингу. Причому проектування і створення систем моніторингу, в принципі, повинне випереджати відповідні роботи на об'єкті. Особливо це актуально для об'єктів підвищеної небезпеки, потенційно небезпечних природному середовищу, передбачуване будівництво яких викликає підвищену стурбованість населення, що проживає в районах розміщення цих об'єктів. Унікальність об'єктів зумовлює унікальність систем моніторингу.

Відповідно до визначення, екологічний моніторинг — інформаційна система спостережень, оцінки і прогнозу змін в стані навколишнього середовища, створена з метою виділення антропогенної складової цих змін на фоні природних процесів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З проведенням екологічного моніторингу тісно пов'язано здійснення моніторингу надзвичайних ситуацій, які можуть виникати і як внаслідок природних катаклізмів, і як внаслідок порушення роботи об'єктів підвищеної небезпеки. В роботі [1] наведені вимоги до побудови державної системи моніторингу надзвичайних ситуацій, до її структурних підсистем (збір, обробка, передача та збереження даних), а також апарат математичного моделювання систем моніторингу надзвичайних ситуацій. Вимоги до державної системи моніторингу докільця містяться в документі [2]. На сьогоднішній день в багатьох розвинених країнах світу розроблені національні програми

План створення системи екологічного моніторингу в зоні антропогенних впливів об'єктів підвищеної небезпеки

моніторингу довкілля в зоні впливу об'єктів підвищеної небезпеки, відповідно до яких здійснюється регулярний відбір аерозолів в атмосфері на різних висотах від приземного рівня до стратосфери, а також безперервний контроль за гама-випромінюванням біля поверхні землі. В роботі [3] узагальнені та систематизовані відомості про програми моніторингу в США, Японії та деяких інших країнах. Визначені методи і засоби відбору проб об'єктів навколишнього природного середовища, методики проведення аналізу. Наведено дані про технічні засоби контролю радіоактивності в природних умовах. В роботі [4] автори викладають основні принципи створення регіональної інформаційної системи екологічного моніторингу. Роботи [5-9] присвячені проблемам організації баз даних і банків даних при проведенні екологічного та радіоекологічного моніторингу. В роботі [5] пропонується методологія формування баз даних екологічного моніторингу. В роботі [6] розглянуто питання створення інформаційно-методичного забезпечення системи локального екологічного моніторингу, яка розглядається як елемент регіонально-розсереджуваної системи колективного використання. Справедливо відзначено, що на теперішній час існує проблема створення типового інформаційно-методичного забезпечення систем локального екологічного моніторингу, що дозволить здійснити уніфікацію основних етапів технічного циклу екологічного моніторингу, привести до одноманітності документування результатів контролю та їх використання в якості вихідних даних для організації архіву системи колективного використання. В роботах [7,8] викладаються принципи побудови і вмісту баз даних для екологічного моніторингу в зоні впливу АЕС. Показується, що в зв'язку з тим, що для збереження і подальшого використання екологічної інформації в теперішній час не знайдено адекватних інформаційних структур, які б не підтримувались системами управління базами даних (СУБД) загального призначення, СУБД моніторингу в зоні впливу АЕС повинна будуватись на СУБД загального призначення реляційного типу, які добре розвинуті. В роботі [9] наведено опис технології прийому, накопичення і подання інформації про радіоактивне забруднення природного середовища, що передається в телеграмах "ВОЗДУХ", яка в теперішній час реалізована в ІОЦ НПО "Тайфун". Приведено метод кодування даних при передачі їх мережею Держкомгідромету. Аналізу ризику від техногенних об'єктів присвячені роботи [10,11].

Постановка завдання та його вирішення. Всякий техногенний об'єкт представляє певний рівень небезпеки для навколишнього природного середовища і людини. Питання полягає у величині рівня небезпеки. Суспільство готове миритися із створенням (з існуванням) техногенного об'єкту, якщо рівень небезпеки, породжуваний об'єктом, не перевищує певної величини. Величина рівня небезпеки яка виражається в оцінках ризику, прогнозується на етапах, передуючих функціонуванню об'єкту. Система екологічного моніторингу фактично покликана підтвердити або спростувати результати прогнозування рівня небезпеки.

План проектування системи екологічного моніторингу для територій, що знаходяться в зоні антропогенних дій, включає наступні етапи:

I. Декларування мети і задач системи екологічного моніторингу.

Окрім загальної мети, вказаної у призначенні системи, і витікаючих з мети задач, звичайно виникають окремі цілі і задачі. Такою окремою ціллю, наприклад, може бути виявлення антропогенної дії в межах певної території (населеного пункту, джерела водопостачання, заповідника і т.д.), інформування населення і офіційних осіб про загальний рівень небезпеки і т.д.

II. Декларування обмежень, що накладаються на проектувану систему екологічного моніторингу.

Доцільно виділити дві основні групи декларованих обмежень: фінансові і системні. Під фінансовими обмеженнями розуміються вартості (або вартість) створення і експлуатації системи. Передбачається, що фінансові обмеження - визначаючі при проектуванні. Дійсно, функціональність системи, точність оцінок, достовірність прогнозу обмежена звичайно виключно фінансовими обмеженнями.

Як системні обмеження виступають вимоги, яким повинна задовольняти спроектована система. В деяких випадках як системні обмеження, можуть виступати допустима (максимальна) тривалість створення і допустима (мінімальна) тривалість експлуатації. Також можливі деякі технічні обмеження: використання тих або інших технічних засобів, методів спостережень, обробки і передачі інформації.

III. Попереднє обстеження стану здоров'я населення і стану природного середовища в зоні передбачуваного впливу техногенного об'єкту.

На даному етапі фіксується початковий стан здоров'я людей і початковий стан навколишнього природного середовища для цілей подальшого виділення антропогенної складової дії. Аналізуються кліматичні характеристики, характеристики рельєфу, сейсмічні умови і т.д. Якщо територія, що входить в прогнозовану зону антропогенного впливу об'єкту, достатньо велика, то створюється геоінформаційна система (ГІС) території.

Етап набуває високої значущості, якщо в результаті моніторингової діяльності при функціонуванні (у тому числі і при будівництві) об'єкту будуть зафіксовані зміни в стані здоров'я або зміни в стані навколишнього природного середовища. Для фіксації початкового стану природного середовища повинні застосовуватися математичні методи відновлення польових характеристик за їх значеннями в обмеженій кількості точок. Наприклад, якщо йдеться про фіксацію початкового стану повітряного басейну, то фактично йдеться про розробку математичної моделі, яка дозволяє спрогнозувати поле концентрацій основних компонентів в повітрі. Модель повинна забезпечити відтворення поля концентрацій при значеннях кліматичних характеристик, що відповідають даному району, а також вона повинна бути настроєна за наслідками натурних вимірювань, які виконані до початку робіт на об'єкті.

Об'єм робіт по даному етапу залежить від рівня потенційної небезпеки, породжуваної об'єктом, від громадської уваги, що привертається до об'єкту.

IV. Попереднє обстеження об'єкту (технологія робіт, матеріали, обладнання, що використовуються) з подальшим прогнозом характеристик джерел емісії (попередня інвентаризація джерел емісії).

Прогнозуються характеристики джерел забруднення навколишнього середовища при функціонуванні об'єкту підвищеної небезпеки в штатному режимі роботи. Опрацьовуються можливі сценарії аварійних ситуацій і для найзначущіших аварійних сценаріїв прогнозуються характеристики джерел емісії.

V. Прогноз наслідків антропогенних дій для стану здоров'я людини і стану природного середовища при функціонуванні техногенного об'єкту в штатному режимі роботи і при гіпотетичних аваріях на об'єкті.

На етапі прогнозування повинні бути розглянуті задачі двох класів. До першого класу умовно відносяться задачі прогнозування наслідків при штатному режимі роботи техногенного об'єкту. Звичайно це малі по інтенсивності, але тривалі за часом антропогенні дії на людину і на природне середовище. Аналіз антропогенних дій на природне середовище звичайно проводиться в термінах нормованих величин - гранично допустимих концентрацій речовин в атмосфері, у воді і т.д. Часовий інтервал дії співзв'язаний з часовим інтервалом функціонування об'єкту.

До другого класу задач прогнозування відносяться задачі прогнозу наслідків аварій і катастроф. В цьому випадку антропогенні дії носять короткочасний, але інтенсивний характер. Наслідки аварій і катастроф звичайно характеризуються оцінками аварійного ризику [10,11]. Причому звичайно антропогенні дії на людину і на оточуючу середовище при аварії на об'єкті значно перевищують дії, що відповідають штатному режиму роботи об'єкту. Тому оцінки аварійного ризику фактично визначають прогнозовану антропогенну складову змін в стані здоров'я людей і в стані природного середовища, пов'язаних з техногенним об'єктом.

Даний етап проектування покликаний відповісти на питання – чого можна чекати при функціонуванні об'єкту підвищеної небезпеки як в штатному так і в аварійному режимах роботи. Повинні бути проаналізовані можливості і рівні забруднення різних середовищ. Наприклад, якщо існує теоретична можливість попадання в оточуюче середовище токсичних речовин, необхідно аналізувати забруднення повітряного середовища, поверхневих і ґрунтових вод. Прогноз може бути виконаний на основі існуючого досвіду, формалізованого у вигляді нормативних методик. Для унікальних техногенних об'єктів прогноз будується на основі результатів математичного моделювання розповсюдження антропогенних дій в природних середовищах. При прогнозуванні наслідків аварій моделюються найбільш значущі по наслідках аварійні сценарії [10].

В результаті аналізу результатів прогнозування можуть уточнюватися, зокрема, і межі зони впливу техногенного об'єкту на стан здоров'я людей і на стан природного середовища.

VI. Попереднє визначення об'єктних видів моніторингу.

За наслідками прогнозування наслідків антропогенних дій на людину і на природне середовище, визначенню підлягають об'єктні види моніторингу (моніторинг атмосфери, гідросфери, ґрунтовий, біологічний, сейсмічний, іоносферний і ін.); вибираються значущі види дій і контрольовані характеристики. Зокрема, при хімічній дії через атмосферне повітря контрольованою характеристикою може бути токсична доза (накопичена концентрація); при тепловій дії - величина теплового потоку.

VII. Проектування мережі спостережень по кожному об'єктному виду моніторингу в зоні антропогенних дій.

Проектування мережі спостережень - один з найважливіших етапів побудови всієї системи моніторингу. Визначенню підлягає розміщення як стаціонарних так і пересувних постів спостережень. В останньому випадку також вибираються маршрути переміщень. На цьому етапі визначається дискретність і об'єм спостережень. Базовою інформацією для проектування системи спостережень по кожному об'єктному виду моніторингу є результати прогнозування рівня антропогенних дій на людину і на оточуюче середовище, і ГІС території зони впливу об'єкту.

Як початкове наближення розміщення постів спостережень бажано вибрати місцеположення екстремальних значень контрольованих характеристик. В загальному випадку це приведе до зменшення помилок вимірювань. В окремому випадку контролю атмосферного повітря при прогнозованому залповому викиді токсичних речовин в атмосферу, місцеположення поста спостережень залежить від напрямку і швидкості вітру, стану стійкості атмосфери і т.д. Розташування точки, в якій досягається, наприклад, максимальна накопичена концентрація, залежить від умов емісії, метеорологічних умов, від властивостей речовини, яка поступає в атмосферу і т.д.

Дискретність і об'єм спостережень визначаються необхідною достовірністю результатів моніторингової діяльності, зовнішніми умовами, режимом роботи підприємства і т.д.

Очевидно, що на практиці неможливо спроектувати мережу постів спостережень, яка відповідала б всім можливим умовам і забезпечувала б контроль всіх контрольованих параметрів (речовин). Тому бажано побудувати мережу постів спостережень, яка б відповідала максимальним значенням математичних очікувань найзначущіших контрольованих параметрів. Відновлення польо-

вих характеристик контрольованих параметрів (наприклад, концентрацій речовин) у всьому об'ємі простору або в якійсь його частині повинне здійснюватися математичними методами на етапі функціонування системи екологічного моніторингу. В загальному випадку, збільшення кількості і якості спостережень приведе до збільшення вартості створення системи моніторингу, а зменшення спостережень - до зменшення ступеня достовірності результатів моніторингової діяльності. Разом з тим, скорочення мережа спостережень при збереженні ступеня достовірності можна певною мірою компенсувати більш розвинутим програмним забезпеченням системи екологічного моніторингу і збільшенням часу настройки системи на конкретні умови.

VIII. Вибір технічних засобів контролю.

Проектування мережі спостережень і вибір технічних засобів контролю - взаємозв'язані етапи проектування системи екологічного моніторингу. Контролю підлягають характеристики джерел емісії, параметри стану навколишнього середовища при штатному і аварійному режимах роботи підприємства. За прогнозованими значеннями, діапазонами змін і необхідній достовірності значень контрольованих параметрів підбираються методи і технічні засоби контролю. В деяких випадках вибір технічних засобів, що забезпечують контроль із заданим ступенем достовірності і оперативності контролю, досить утруднений. Так для деяких високотоксичних речовин мінімальний час визначення їх вмісту в атмосфері навіть на рівні ГДК в даний час може не задовольняти декларованим системним обмеженням.

Так само існують певні труднощі із засобами контролю характеристик джерел емісії; особливо у разі аварійного режиму роботи підприємства.

IX. Попередній контроль виконання декларованих обмежень, що накладаються на систему екологічного моніторингу.

Аналізу підлягають проекти системи, які задовольняють системним обмеженням (необхідна, але не достатня умова). Вибір ядра системи екологічного моніторингу з нескінченної різноманітності конфігурацій, в основному, ґрунтується на економічних критеріях. Вартості створення і експлуатації мережі спостережень, технічних засобів, програмного забезпечення ядра системи моніторингу повинні відповідати декларованим обмеженням. Тобто проектування системи екологічного моніторингу припускає розробку декількох варіантів, що задовольняють економічним критеріям, з

подальшим вибором варіанту, що забезпечує найбільшу достовірність моніторингової діяльності.

Х. Забезпечення взаємодії з системами екологічного моніторингу більш високого рівня. Забезпечення взаємодії з системами інших функціональних призначень (наприклад, з системою дій в умовах надзвичайних ситуацій і т.д.)

Виділення антропогенної складової в зміні стану природного середовища ґрунтується на зіставленні польових характеристик, отриманих на етапі попереднього обстеження стану природного середовища в зоні впливу об'єкту хіміко-технологічного профілю, і польових характеристик, отриманих на етапі функціонування об'єкту. Наприклад, при контролюванні атмосферного повітря, антропогенна складова може характеризуватися тією або іншою нормою різниці полів концентрацій контрольованих елементів в атмосфері до і після початку функціонування об'єкту. Поля концентрацій відновлюються за відповідними математичним моделям при одних і тих же наборах кліматичних параметрів.

Висновки. Таким чином, система екологічного моніторингу для територій, що знаходяться в зоні антропогенної дії об'єктів підвищеної небезпеки, повинна створюватися одночасно із створенням самого об'єкту. План створення такої системи складається з десяти етапів. Ітераційний процес створення ядра системи покликаний забезпечити зростання достовірності прогнозування і контролю. На кожній ітерації вибір варіанту ядра системи повинен відповідати декларованим обмеженням, які можуть бути фінансовими або системними.

ЛІТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.О., Грінченко Є.М., Кірючкін О.Ю. та ін. Моніторинг надзвичайних ситуацій. Підручник. Вид-во: АЦЗУ м. Харків, 2005. – 530 с.
2. Положення про державну систему моніторингу довкілля. Затверджено постановою КМУ від 30 березня 1998 р. №391.
3. Радиационный мониторинг окружающей среды в районе объектов атомной промышленности. Обзор по зарубежным источникам 1981 – 1988 гг. М.: ЦНИИАтоминформ, 1989. – 40 с.
4. Колабин Г.В., Бакланов А.А. Принципы создания региональной информационной системы радиационного мониторинга //

- Эколого-географические проблемы Кольского Севера. Сборник научных трудов РАН, 1992. – С. 57-66.
5. Пристер Б.С., Барбашев С.В., Дятлов С.В., Панченко Н.Н., Сурков И.В. Методология формирования баз данных экологического мониторинга // Принципы и методы экоинформатики / Материалы Всесоюзного совещания по экоинформатике и экологическим базам данных, Москва, 1986. – С. 58-60.
 6. Федак В.С., Горин Ф.Н. Информационное обеспечение локального экологического мониторинга // Принципы и методы экоинформатики / Материалы Всесоюзного совещания по экоинформатике и экологическим базам данных, Москва, 1986. – С. 244-247.
 7. Бабенко В.В., Мельников И.В., Чумак В.К. СУБД радиоэкологического мониторинга в зоне влияния АЭС // Принципы и методы экоинформатики / Материалы Всесоюзного совещания по экоинформатике и экологическим базам данных, Москва, 1986. С. 22-26.
 8. Бабенко В.В., Мельников И.В., Чумак В.К. Принципы построения и содержания баз данных для экологического мониторинга в зоне влияния АЭС // Принципы и методы экоинформатики / Материалы Всесоюзного совещания по экоинформатике и экологическим базам данных, Москва, 1986. – С. 27-30.
 9. Косых В.С., Лукша И.С. Организация банка сетевых данных радиоактивного загрязнения природной среды. // Труды института экспериментальной метеорологии. Серия: Приборы, техника, автоматизация экспериментов. – 1991. – Вып. 12. С. 132 – 137.
 10. Колодкин В.М., Мурин А.В., Петров А.К., Горский В.Г. Количественная оценка риска химических аварий.// Ижевск, 2001 г., - 226 с.
 11. Оценка риска, связанного с объектами хранения химического оружия на территории Удмуртской Республики.// Ижевск, изд-во УдГУ, 1996 г. – 218 с.

УДК 614.84

*Буц Ю.В., канд. геогр. наук, зав. каф., УЦЗУ,
Цимбал В.А., нач. Михайлівського РВ МНС України в Запорізькій
обл.*

АНАЛІЗ ВОДНОГО БАЛАНСУ ТЕРИТОРІЇ З МЕТОЮ ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД

(представлено д-ром техн. наук Соловйом В.В.)

В статті проведено аналіз сучасного стану підтоплених територій в межах прибережної смуги Каховського водосховища та розраховано водний баланс підземних вод дослідженої території. На основі проведених розрахунків планується формування пропозицій щодо зниження рівня ґрунтових вод шляхом зміни водного балансу

Постановка проблеми. Внаслідок людської діяльності кількість і складність екологічних проблем в останні десятиліття катастрофічно зростають. Серед них особливе місце займають підтоплення, яке за масштабами поширення та ступенем негативного впливу не має собі рівних в Україні.

Розвиток цього процесу на забудованих територіях призводить до обводнення та просадок з подальшим руйнуванням житлових, громадських та промислових будинків і споруд, руйнуванням доріг та інших об'єктів інженерної інфраструктури. А це, в свою чергу, нерідко не тільки порушує виробничий режим багатьох підприємств і організацій, а й створює антисанітарні, а інколи і небезпечні умови для проживання населення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Через підтоплення Україна втрачає свої родючі ґрунти. Більше 15 млн. людей або близько 20% населення України сьогодні мешкають на підтоплених територіях, що займають понад 17% загальної площі країни. Щорічні економічні збитки від підтоплення міських територій оцінюються у 2,2 млрд. грн. Ця проблема досить складна виникла не лише внаслідок циклічних змін клімату, а перш за все через будівництво надмірної кількості водосховищ, збільшення площі ріллі, широкомасштабної гідромеліорації. Все це здійснювалося без врахування збереження рівноваги екосистем. За оцінками вчених лише водосховища дали в середньому підпір ґрунтових вод від 6 до 8 метрів. Через слабкий дренаж території підйом рівня

ґрунтових вод призвів до заболочування і підтоплення сільгосп-угідь та прилеглих територій, засолення і виведення з сільського-сподарських сівозмін значної кількості земель.

На жаль, нині можна констатувати, що в значній мірі порушено унікальні екосистеми, які створювалися протягом сотень тисяч років, мали потужні можливості для самоочищення, формування запасів питної води, нейтралізації всіляких стоків і забруднень.

Безумовно, що прискорений розвиток підтоплення зумовлюється також посиленням впливу на баланс підземних вод зрошення та осушення земель, погіршення експлуатації комплексу водозахисних споруд та меліоративних систем. Сучасний стан меліоративних систем і рівень їх використання має екологічно небезпечні тенденції, які загрожують руйнуванню природного середовища.

Постановка завдання та його вирішення. Метою наших досліджень був аналіз сучасного стану підтоплених територій в межах прибережної смуги Каховського водосховища та розрахунок водного балансу підземних вод дослідженої території. На основі проведених розрахунків планувалось формування пропозицій щодо зниження рівня ґрунтових вод шляхом змінення водного балансу.

Для розв'язання поставлених задач була взята для прикладу окрема територія (Михайлівський район Запорізької області) площею 1067 км², на якій в березні 2005 року була підтоплена значна площа земельних угідь в межах населених пунктів с. Абрикосівка та смт Пришиб.

Гідрогеологічні умови району обумовлені комплексом природно-кліматичних факторів і його геологічною будовою. Вони визначають режим, умови поповнення і розвантаження водоносних горизонтів. Поповнення верхніх горизонтів відбувається за рахунок короткочасної інфільтрації атмосферних опадів і конденсації водяного пару з атмосфери. Дренаж здійснюється місцевою гідрографічною мережею і перетіканням у нижчі водоносні породи.

Режим підземних вод. Як було зазначено, ґрунтові води отримують поповнення перш за все за рахунок інфільтрації атмосферних опадів. Наявність такого поповнення полягає у різній фільтраційній здатності ґрунтоутворних суглинків, неоднаковій глибині залягання ґрунтових вод, а разом з цим і величиною випаровування. У відповідності до цього, формується поверхня дзеркала ґрунтових вод.

Улітку і восени (липень-вересень) ґрунтові води витрачаються, в основному, на випаровування і транспірацію рослинами. Ця витрата складає значну величину в залежності від глибини залягання рівня ґрунтових вод. У незначних випадках мають місце горизонтальний приплив-відтік ґрунтових вод.

Баланс ґрунтових вод. Отже, складовими водного балансу ґрунтових вод є:

- інфільтрація опадів;
- випаровування з поверхні дзеркала ґрунтових вод;
- приплив-відтік ґрунтових вод;
- перелив ґрунтових вод через вододільний прошарок у нижчий водоносний горизонт.

Основні джерела поповнення ґрунтових вод. До прибуткових статей балансу відносяться: інфільтрація і горизонтальний приплив.

Відповідно до формули Дарсі горизонтальний приплив (відтік) ґрунтових вод розраховують:

$$Q_n = K_{\phi} \cdot h \cdot i \cdot l, \quad (1)$$

де: h - потужність ґрунтового потоку, м; K_{ϕ} - коефіцієнт горизонтальної фільтрації водовмісних порід, м/доба; i - ухил ґрунтового потоку; l - довжина розрахункового перетину, м.

Для проведення розрахунку балансу були пробурені 3 контрольні свердловини на різних ділянках. В табл.1 наведені розрахунки горизонтального припливу.

Таблиця 1 – Розрахунки горизонтального припливу

Номер ділянки	K_{ϕ}	h , м	i	L , м	Q_n , м ³ /добу	Q_n , м ³ /рік
№ 1	0,05	14	0,00133	4300	4	1460
№ 2	0,3	23	0,003	3000	60	22000
№ 3	0,00171	25	0,004	7000	0,68	250

Таким чином, сумарна річна величина горизонтального припливу дорівнює 23710 м³.

По аналогії розраховуємо величину горизонтального відтоку (дані наведені в табл. 2).

Таблиця 2 – Розрахунки горизонтального відтоку

Номер ділянки	K_{ϕ}	h , м	i	L , м	Q_n , м ³ /добу	Q_n , м ³ /рік
№ 1	0,17	28	0,0012	6000	34	12400
№ 2	0,05	23	0,0017	12000	23	8400
№ 3	0,05	23	0,004	2000	9,2	3360

Сумарна річна величина горизонтального відтоку за межі дослідженої території дорівнює 24160 м³.

Отже, річні величини горизонтального припливу і відтоку в межах дослідженої території приблизно однакові, і оскільки незначні можуть бути виключені в розрахунках водного балансу підземних вод на даній території.

Розрахунок інфільтрації. Для розрахунку інфільтрації використовується формула В.І.Лялько, отримана за матеріалами лізіметричних спостережень і спостережень за режимом вологості (табл. 3).

Таблиця 3 – Розрахунок інфільтрації ґрунтових вод

Номер ділянки	№1	№2	№3
Річна кількість опадів, мм	497	497	497
Ефективне водонадходження, мм	249	249	249
Середня річна температура, °С	8,9	8,9	8,9
Середньорічний дефіцит вологості, мм/рік	5,6	5,6	5,6
Коефіцієнт фільтрації зони аерації	0,16	0,2	0,22
Глибина залягання ґрунтових вод, м	5	5	4
Інфільтрація, мм	17,2	19	23
Площа балансових ділянок, км ²	510	68	47
Сумарна інфільтрація, млн.м. ³ /рік	8,8	1,29	1,08

Отже, на поверхню ґрунтових вод загальною площею близько 625 км² надходить вологи 11,17 млн.м³/рік.

Витрата ґрунтових вод. Природні виходи ґрунтових вод на поверхню одиничні, що свідчить про можливість іншого виду розвантаження вод.

Перелив ґрунтових вод. Основним шляхом розвантаження ґрунтових вод є перелив через вододільний прошарок (водоупор) у сарматський водоносний комплекс.

Таблиця 4 – Розрахунок переливу ґрунтових вод через вододільний прошарок

Номер ділянки	№1	№2	№3
Величина переливу, мм стовпу води	-3	-6,5	-6,5
Площа діляниць	510	68	47
Перелив в межах діляниць, м ³	-1550000	-442000	-305500

Отже, на перелив через вододільний прошарок витрачається 2,3 млн.м³ води.

Випаровування ґрунтових вод. Витрата підземних вод на випаровування є другою складовою видатковою частиною балансу. Визначено залежність величини кількості випаровування ґрунтових вод від глибини їх залягання (табл. 5).

Таблиця 5 – Залежність величини кількості випаровування ґрунтових вод від глибини їх залягання

Глибина залягання ґрунтових вод, м	1	2	3	4	5	6	7
Випаровування ґрунтових вод, мм	575	40	11	8	5	2	0

Використовуючи карту глибин залягання ґрунтових вод з інтерполяцією отриманих значень випаровування і перерахуванням їх площу, визначаємо загальний об'єм води, що йде на випаровування. Його значення становить 3,7 млн. м³.

Таким чином, підрахувавши загальну кількість води, що йде на випаровування, можна розрахувати величину інфільтраційного поповнення за формулою:

$$W_{\text{инф}} = W - I - E, \quad (2)$$

де: $W_{\text{инф}}$ – інфільтраційне поповнення, млн.м³; W – інфільтрація, млн.м³; I – випаровування з поверхні ґрунтових вод, млн.м³; E – перелив через вододільний прошарок.

Підставивши числові значення у формулу отримаємо:

$W_{inf} = 11,17 \text{ млн.м}^3 - 2,3 \text{ млн.м}^3 - 3,7 \text{ млн.м}^3 = 5,17 \text{ млн.м}^3$
води.

Отже, річне поповнення на розрахунковій площі складає близько 5,17 млн.м³ ґрунтових вод.

Висновки. У результаті проведених балансових розрахунків необхідно зробити наступні висновки:

1. Основними складовими частинами водного балансу є інфільтрація атмосферних опадів, випаровування з поверхні водного дзеркала ґрунтового потоку і переливання через вододільний прошарок.

2. Величина підземного стоку (горизонтальний приплив-відтік ґрунтових вод) незначна й суттєвої ролі у формуванні водного балансу не відіграє.

3. Величини водного балансу орієнтовні за рахунок усереднення деяких параметрів і вони дають лише загальне уявлення про основу складових балансу і їхнього взаємозв'язку, проте згідно наведених даних водний баланс, розрахований по середніх багаторічних показниках, позитивний.

4. Проведені розрахунки ще раз доводять необхідність прийняття заходів щодо вирішення питання додаткового скидання ґрунтових вод з досліджених територій. В іншому випадку процес підтоплення буде прогресувати із року в рік.

УДК 541.135.27(048)

*Васильченко А.В., канд. техн. наук, доц., УГЗУ,
Ляшок Л.В., канд. техн. наук, доц., НТУ "ХПИ"*

ПОИАНИЛИНОВЫЙ МОЛЕКУЛЯРНЫЙ СЕНСОР (представлено д-ром техн. наук Кривцовой В.И.)

Предложен полианилиновый электрод в качестве чувствительного молекулярного сенсора, способного контролировать загрязнение воздушных потоков и сточных вод органическими мономерами с малыми ПДК

Постановка проблемы. Чрезвычайные ситуации (ЧС) техногенного характера часто сопровождаются загрязнением окружающей среды опасными для здоровья и жизни веществами. Бы-

строе выявление типа этих веществ и степени загрязнения дают возможность ускорить принятие мер по локализации ЧС и ликвидации последствий. Чувствительными элементами, способными быстро реагировать на наличие загрязнений и отслеживать динамику изменения их концентрации, могут быть электродные сенсоры.

Анализ последних исследований и публикаций. В последнее время активно изучается возможность создания чувствительных сенсоров на основе электропроводящих органических полимеров с сопряженными связями (так называемых "органических металлов"), представителем которых является полианилин (ПАН). Ранее ПАН успешно изучался, в основном, как электродный материал для применения в аккумуляторах. Также он оказался востребованным для задач препаративного электросинтеза и вызвал интерес как цветовой сенсор изменения потенциала [1, 2].

Постановка задачи и ее решение. Полианилин, в котором катионными центрами являются окисленные фрагменты электропроводящей полимерной матрицы, обратим к допирующим анионам. Электроды на его основе имеют сенсорный отклик на изменение потенциала при постоянной концентрации раствора [1]. Настоящая работа посвящена решению обратной задачи: обнаружение сенсорного отклика на изменение концентрации некоторых мономеров в растворе при неизменяемом потенциале. Обнаружение такого свойства может быть очень полезным для экспресс-контроля при опасности загрязнения воздушной и водной среды веществами с малыми ПДК.

Измерительные электроды для экспериментов готовили по методикам [2], используя в качестве подложки платинированный графит. Электросинтез пленки ПАН производили комбинированным методом в течение 15 мин. из раствора $2 \cdot 10^{-1} \text{ M C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + 1 \text{ M LiClO}_4$ в ацетонитриле. Процесс завершали при потенциале 1.8 В, при котором ПАН существует в высшей окисленной форме – пернигранилине. Для задания электрических параметров и их контроля применяли потенциостат ПИ-50-1 с программатором ПР-8 и потенциометром ЛКД4-003, вольтметр В 3-21 и рН-метр рН-262. Измерения проводились в двухкамерной термостатированной ячейке ЯСЭ-2 по трехэлектродной схеме с платиновым вспомогательным электродом и хлорсеребряным электродом сравнения.

Зависимость потенциала измерительного электрода, не поляризуемого внешним током, от концентрации мономеров исследовалась в водном буферном растворе $5 \cdot 10^{-2}$ М $\text{K}_2\text{HPO}_4/\text{KH}_2\text{PO}_4$ при рН 6.8. Изучалось влияние мономеров анилина, бензола и толуола. На графике видно, что в области исследуемых концентраций зависимость потенциала полианилинового электрода от десятичного логарифма концентрации мономера в растворе аппроксимируется прямой линией. Исследуемый электрод показал чувствительность к малым концентрациям органических веществ: анилин ($5 \cdot 10^{-4} \dots 2 \cdot 10^{-1}$ М), толуолу ($1 \cdot 10^{-4} \dots 1 \cdot 10^{-2}$ М), бензолу ($5 \cdot 10^{-4} \dots 5 \cdot 10^{-2}$ М). В интервале указанных концентраций наблюдается линейная зависимость потенциала от логарифма концентрации органической добавки с наклоном $-13 \dots -17$ мВ. После проведения измерений характеристики сенсора легко восстанавливаются после специальной обработки электрода.

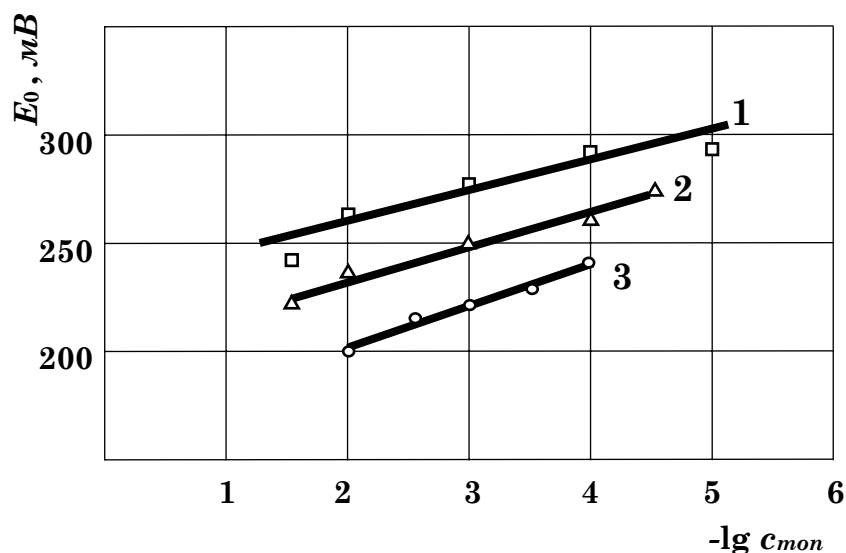
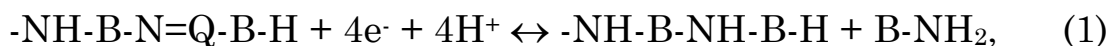


Рис. – Зависимость потенциала полианилинового электрода от концентрации мономеров в растворе $5 \cdot 10^{-2}$ М $\text{K}_2\text{HPO}_4/\text{KH}_2\text{PO}_4$: 1 – анилин; 2 – бензол; 3 – толуол

Полученные результаты можно объяснить, если принять во внимание, что потенциал ПАН-электрода зависит от соотношения окисленных и восстановленных фрагментов полимерной цепи. При изменении рН среды их относительный вклад должен изменяться. Величина тока обмена этих процессов определяется общим числом электроактивных мест в полимерной матрице ПАН, которое зависит от условий синтеза. В измерительном электроде ПАН окислен до состояния пернигранилина, т.е. общее число электро-

активных мест в нем незначительно. Поэтому можно предположить, что процессы электропереноса в таком электроде существенно не влияют на значение потенциала E_0 .

Наблюдаемое на графике изменение характера зависимости E_0 от рН среды при введении мономеров анилина, бензола или толуола дает основание полагать, что при низкой кислотности раствора значение потенциала ПАН определяется обратимыми реакциями, в которых участвуют концевые фрагменты полимерных цепей (в форме пернигранилина) и молекулы соответствующих органических веществ. При этом сенсорный отклик для уравнения



где В – бензоидный фрагмент; Q – хиноидный фрагмент, описывается нернстовской зависимостью

$$E_0 = \text{const} - 2,3\text{RTF}^{-1} \text{pH} - 2,3\text{RT}(4\text{F})^{-1} \lg c_{\text{мон}}. \quad (2)$$

Полученные экспериментальные значения в первом приближении согласуются с этим уравнением. На величину const влияет соотношение окисленных и восстановленных фрагментов полимерной цепи и природа допирующей добавки.

Выводы. Обнаружен сенсорный отклик полианилинового электрода на изменение концентрации мономеров анилина, бензола, и толуола в растворе. Таким образом, полианилин может представлять интерес для разработки молекулярных сенсоров, чувствительных к органическим молекулам в растворе и способных экспрессно контролировать загрязнение воздушных потоков и сточных вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Погорелова Н.В., Слюсарь С.Н., Крайнов И.П. и др. Механизм электрохимического окисления полианилиновых пленок // Ж. общей химии.– 1989.– Т.59. – № 2.– С. 410-414.
2. Байрачный Б.И., Васильченко А.В., Ляшок Л.В. и др. Особенности синтеза пленок полианилина на графитизированном бутилкаучуке // Ж. прикл. химии.– 1999.– Т.72, № 5.– С. 842-845.

Дудак С.О., викл., УЦЗУ
Хоменко В.С., викл., УЦЗУ

НАДЗВИЧАЙНА СИТУАЦІЯ НА ОБ'ЄКТІ ЯК СХЕМАТИЧНЕ ВІДОБРАЖЕННЯ ЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ ПОСЛІДОВНИХ ПРОЦЕСІВ (представлено д-ром техн. наук Туркіним І.Б.)

У статті розглядається можливість наочного представлення надзвичайної ситуації в резервуарному парку як логічної системи послідовних і взаємозалежних процесів, а також пошук шляхів зниження небезпеки виникнення аварій на даних об'єктах

Постановка проблеми. В останній час на території нашої держави, а також в країнах ближнього та дальнього зарубіжжя все частіше стали виникати аварійні ситуації на об'єктах зберігання нафти та нафтопродуктів, пов'язані з технологічним процесом. Але при дослідженні цих аварій, більша увага приділяється їх наслідкам, а не причинам виникнення внаслідок відсутності систематизованих відомостей про взаємний вплив технологічних процесів та чинників аварії. Тому, на підставі загальних закономірностей виникнення і розвитку надзвичайних ситуацій, даних про реальні аварії і результатів науково-дослідних робіт постає проблема у розгляді надзвичайної ситуації в резервуарному парку нафти і нафтопродуктів як логічної системи послідовних і взаємозалежних процесів, що безпосередньо пов'язана з технологічним процесом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З метою проведення аналізу можливості визначення основних показників, які характеризують протікання аварій на об'єктах, а також можливих шляхів зниження імовірності виникнення надзвичайних ситуацій нами була проаналізована відповідна література [1, 2, 3, 4].

Були проаналізовані методи і технічні пристрої здійснення контролю температурного режиму і стану газового середовища, а також рівня наливу нафти і нафтопродуктів у момент здійснення технологічного процесу наливу нафти і нафтопродуктів [3, 4].

В даний час найбільш широке поширення в нафтовій і нафтопереробній промисловості одержали методи контактного контролю рівня наливу нафти і нафтопродуктів. Тобто такі методи,

при яких чуттєвий елемент системи контролю рівня має безпосередній контакт із дзеркалом нафтопродукту. Однак усе більша увага починає приділятися і безконтактним дистанційним методам контролю рівня наливу [1], при яких виключається який або контакт із контрольованим обсягом рідини в резервуарі або цистерні. В ході проведення аналізу літературних джерел були виявлені основні закономірності впливу відповідних чинників на протікання аварій в резервуарних парках, що надало можливість побудування графічної схеми.

Постановка завдання та його вирішення. На підставі загальних закономірностей виникнення і розвитку надзвичайних ситуацій, даних про реальні аварії і результатів науководослідницьких робіт надзвичайну ситуацію в резервуарному парку нафти і нафтопродуктів необхідно представити як логічну систему послідовних і взаємозалежних процесів (явищ, подій), а також визначити можливі шляхи зниження імовірності виникнення надзвичайних ситуацій. Для вирішення цієї задачі нами було вирішено представити послідовність подій, які приводять до аварії у вигляді схематичного зображення. Застосування такої схеми, яка представлена на рисунку 1, до резервуарного парку дає просту і наочну модель виникнення і розвитку аварії як каскаду або послідовності сукупностей.

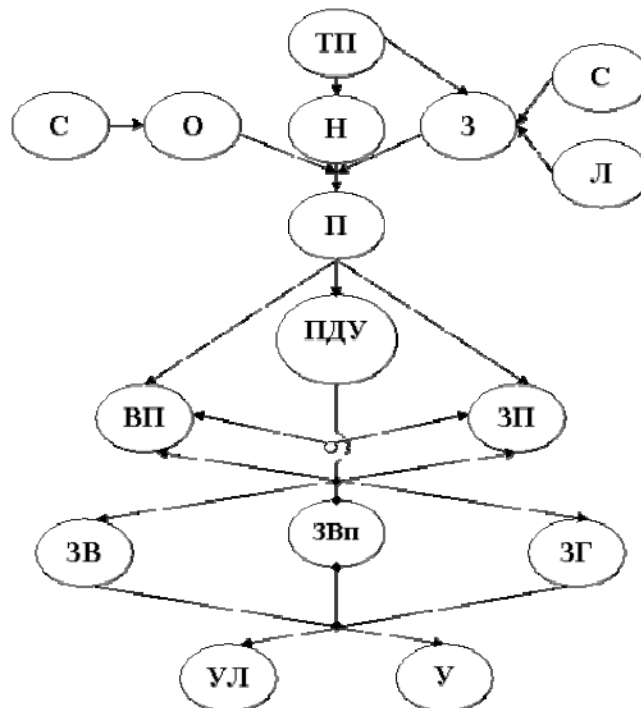


Рис. 1 – Граф аварійної ситуації в резервуарі

Для пояснення схеми, надамо пояснення скорочень термінів, які використовувались при її побудованні. Оскільки умови для виникнення і розвитку аварії звичайно визначаються технологією діючого об'єкта, включаючи і ті випадки, коли пожежа є наслідком аварії або стихійного лиха, початком системи процесів пожежі на виробництві повинний бути діючий технологічний процес **ТП**. Процес збереження нафтопродуктів у резервуарах створює тільки два основних компоненти, необхідних для виникнення надзвичайної ситуації: паливий матеріал - нафтопродукт **Н** і джерело запалювання **З**. Джерела запалювання можуть бути також природного походження від впливу навколишнього середовища **С** і від необережного поводження людей **Л** з вогнем. Окислювачем **О**, необхідним для горіння, є кисень з навколишнього середовища. Взаємодія пального матеріалу, окислювача і джерела запалювання при визначеному співвідношенні між ними приводить до виникнення пожежі **П**. За умовами виникнення і поширення горіння в початковій стадії і з урахуванням можливості викиду і розтікання палаючої рідини вогнища пожеж нафти і нафтопродуктів у резервуарах можна розділити на три основних види:

- внутрішня пожежа **ВП** — пожежа з вибухом усередині газової простору і з наступним горінням рідини в резервуарі
- пожежа на дихальних пристроях **ПДУ**—пожар з горінням на дихальних пристроях або на інших прорізах у газовій частині резервуара;
- зовнішня пожежа **ЗП** — пожежа з протокою або викидом рідини з резервуарів і з горінням її в обвалуванні.

У стадії розвитку пожежі її характер може змінюватися (від **ПДУ** до **ВП** і далі до **ЗП**; від **ЗП** до **ПДУ** тощо). Розвиток і поширення пожежі в конкретних умовах залежить від попередньої виробничої ситуації, місця виникнення і характеру пожежі в початковій стадії. З обліком основних вражаючих факторів усю площу пожежі в резервуарному парку можна розділити на три зони: горіння **ЗГ**, випромінювання **ЗВп**, вибуху **ЗВ**. У цих зонах у результаті впливу небезпечних вражаючих Факторів настають наслідку пожежі: матеріальний збиток **УМ** і в деяких випадках людські жертви або збиток для життя людей **УЛ**.

Для поліпшення протипожежного стану підприємств збереження і транспортування нафти і нафтопродуктів застосовуються різні методи і технічні засоби контролю ряду фізичних парамет-

рів, що характеризують пожежну небезпеку того або іншого процесу, а саме [3]:

- контроль температурного режиму при збереженні і транспортуванні нафти і нафтопродуктів;
- контроль стану парогазоповітряного середовища при виконанні технологічних операцій;
- контроль рівня наливу нафти і нафтопродуктів.

Недоліками розглянутих методів і технічних засобів, що здійснюють контроль над рівнем наливу нафти і нафтопродуктів є:

- складна схема і невисокий рівень функціональної надійності;
- необхідність механічного переміщення вимірювальних пристроїв і висока гранична погрішність визначення поточного значення контрольованого рівня;
- контактність контролю і, як наслідок висока пожежо- і вибухонебезпечність устаткування;
- істотні обмеження по фізичних характеристиках матеріалів, як для стінок контрольованої ємності, так і для середовища;
- неможливість робити багатопозиційні виміри без додаткових витрат, пов'язаних з розміщенням рівнемірів зі струмопровідними ланцюгами на кожному сховищі, і спеціальних мір для зниження іскро- і вибухобезпеки;
- недостатня точність вимірів.

Тому найбільший інтерес у питанні удосконалювання проти-пожежного захисту технологічного процесу наливу нафти і нафтопродуктів з метою забезпечення його пожежної безпеки на наш погляд представляють методи і технічні засоби, що дозволяють здійснювати контроль над рівнем наливу, тим самим знижуючи небезпеку виникнення надзвичайної ситуації в резервуарних парках.

Висновки: Для розвитку й удосконалення системи проти-аварійного захисту технологічного процесу зберігання нафти і нафтопродуктів доцільно приділяти найбільшу увагу саме описаному напрямку і проводити дослідження в області розробки методів і технічних засобів здійснення контролю рівня наливу, як однієї з найбільш поширених технологічних операцій. Подібні дослідження повинні проводитися з метою запобігання можливості переливів палива, і, отже, можливості виникнення аварійної ситуації, яка приводить до пожежі, вибуху або іншої надзвичайної ситуації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бражников Н.И. Ультразвуковая фазометрия. – Москва: «Енергія», 1968, с. 174 – 180.
2. Глебов В.С., Пожежна безпека нафтобаз і об'єктів магістральних трубопроводів. – М.: Надра, 1972. –376 с.
3. Іванов Е.Н. Автоматичні засоби виявлення і гасіння пожеж. – М.: Стройиздат, 1976. –412 с.
4. Волков О.М. Пожежна безпека резервуарів з нафтопродуктами. –М.: Надра, 1984. –152 с.

УДК 621.397:681.32

*Залевский Г.С., канд. техн. наук, доц., ХУВС,
Фещенко А.Б., канд. техн. наук, ст. преп., УГЗУ,
Фещенко К.Б., инженер ЧП «АСТЕК»,
Щербак Г.В., канд. техн. наук, нач. каф., УГЗУ*

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ДИСПЕРСНОЙ СРЕДЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СИГНАЛОВ В ЗАДАЧАХ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ПОДПОВЕРХНОСТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ ПРЕДМЕТОВ

(представлено д-ром техн. наук Соловьев В.В.)

Показано, что при решении задачи поиска установленных в грунте взрывоопасных предметов целесообразно применять радиолокационное подповерхностное зондирование сверхширокополосными сигналами. Обоснована необходимость частотной фильтровой обработки сигналов в радиолокаторе подповерхностного зондирования при обнаружении взрывоопасных предметов. Проведен синтез частотной характеристики корректирующего фильтра в условиях искажающего влияния дисперсного характера распространения радиоволн в грунте на спектр зондирующего сигнала

Постановка проблемы. В настоящее время перед аварийно-спасательными подразделениями МЧС Украины поставлена задача обнаружения и обезвреживания различных взрывоопасных предметов (ВП): снарядов, мин, ракет, скоплений нефтепродуктов

или отравляющих веществ, залегающих в подповерхностном слое грунта и несущих угрозу жизни населения и экологической безопасности страны.

Задача осложняется тем, что многие современные ВП содержат минимальную долю металлических элементов (например, пластиковые или бескорпусные мины), обнаружение которых традиционными способами затруднено. При их поиске и обезвреживании, к сожалению, происходит 1-2 случая гибели саперов на каждую тысячу удаленных мин. От взрывов страдают не только работники МЧС, но и гражданское население [1].

Традиционно применяемые для обнаружения и распознавания ВП специально обученные собаки, детекторы металлических предметов индукционного типа, ультразвуковые металлоискатели, инфракрасные и тепловые нейтронные детекторы, детекторы, использующие ядерный квадрупольный резонанс, нейтронные и гамма датчики не обеспечивают необходимую условную вероятность правильного обнаружения и имеют высокий уровень ложных тревог. По требованиям ООН условная вероятность правильного обнаружения мин техническими средствами должна составлять более 99,6 %, при этом в инженерных подразделениях Армии США принята допустимая норма — одно ложное обнаружение на каждые 1,25 м²[2].

Интересным решением при разработке новых активных электромагнитных средств обнаружения малоразмерных ВП в полупроводящих средах является так называемый «информационно-силовой» подход [3]. Он заключается в применении сверхширокополосных зондирующих сигналов с последующей статистической обработкой принимаемой информации на основе встроенного спецвычислителя. Опытные образцы подобной радиолокационной техники успешно используются в строительстве и гидрологии. С их помощью возможно обнаруживать в грунте тайники, инженерные мины, металлические и пластмассовые трубы, пустоты на глубинах до нескольких метров с пространственным разрешением $\pm 0,3...0,5$ м. При этом скорость поиска составляет 0,5...1 км/ч, а полоса обнаружения — 0,5...1 м.

Анализ последних исследований и публикаций. Целесообразность и эффективность применения методов радиолокационного зондирования для обнаружения и распознавания взрывоопасных предметов обусловлена прежде всего возможностью РЛС дистанционно обнаруживать и распознавать объекты независимо

от метеоусловий и естественной освещенности Земли. Кроме того, СВЧ-зондирующие электромагнитные поля (в диапазоне частот от 0,05 до 2 ГГц и более) обладают проникающей способностью через укрывающие полупроводящие среды (грунт, растительность, снег, воду), под которыми могут находиться объекты поиска.

В работах [3, 4] дана оценка возможностей магнитометрического, индукционного и радиолокационного методов зондирования укрывающих сред для поиска малоразмерных рукотворных объектов глубинного заложения применительно к сферам строительства и эксплуатации подземных коммуникаций, борьбы с терроризмом, гуманитарного разминирования, археологии и др.

Вместе с тем, обнаружение и идентификация ВП радиолокаторами подповерхностного зондирования сопряжены с рядом трудностей, таких как: наличие наряду с сигналом, отраженным от ВП, мощного отклика от границы раздела сред; суточные, сезонные и погодные колебания физических характеристик неоднородных, поглощающих и дисперсных сред, окружающих ВП; присутствие посторонних предметов (камни, кирпичи, остатки труб и др. искусственные объекты), приводящих к повышению условных вероятностей принятия ложных решений; малая различимость диэлектрических проницаемостей ВП и среды распространения радиоволн (например, обнаружить пластиковую мину гораздо сложнее, чем металлическую).

Так как для обнаружения, распознавания и измерения глубин залегания малоразмерных ВП используется отраженный сигнал, для этого радиолокатор подповерхностного зондирования должен иметь высокое разрешение по дальности, что достигается применением сверхширокополосных сигналов. Однако, дисперсный характер прохождения сигнала в грунте, как в среде распространения радиоволн, приводит к нелинейной зависимости поглощения компонент спектра радиоизлучения сверхширокополосного сигнала от глубины залегания ВП. Кроме того, дисперсный характер распространения сигнала вносит различное время запаздывания (набег фазы) для каждой гармоники спектра сверхширокополосного сигнала, что существенно искажает спектральную структуру отраженного сигнала и его функцию модуляции по сравнению с исходной при зондировании [5].

Вышеуказанные факторы оказывают существенное негативное влияние на показатели обнаружения и распознавания малоразмерных ВП, ухудшают разрешающую способность радиолока-

ционной системы подповерхностного зондирования по дальности и, соответственно, точность измерения глубин залегания ВП.

Постановка задачи и её решение. Рассмотрим алгоритм обработки принятого сигнала радиолокационной системы подповерхностного зондирования $a_{sn}(t)$ в присутствии помехи $n(t)$ и в условиях искажающего влияния дисперсной среды распространения радиоволн на частотно-временную структуру комплексной модулирующей функции зондирующего сигнала $a(t)$. Запишем отраженный сигнал в виде интеграла свертки от модулирующей функции зондирующего сигнала $a(t)$ и априорно известной передаточной функции среды $h_s(t,\tau)$

$$a_{sn}(t) = a_s(t) + n(t), \quad (1)$$

где $a_s(t) = \int_0^T a(\tau)h_s(t,\tau)d\tau$ – сигнальная компонента принятого сигнала; T – интервал времени наблюдения сигнала.

Оптимальной будем считать фильтровую обработку сигнала корректирующим линейным фильтром с характеристикой $h_F(t,u)$ (рис. 1), при которой точно восстанавливается модулирующая функция зондирующего сигнала в виде оценки $\hat{a}(t)$.

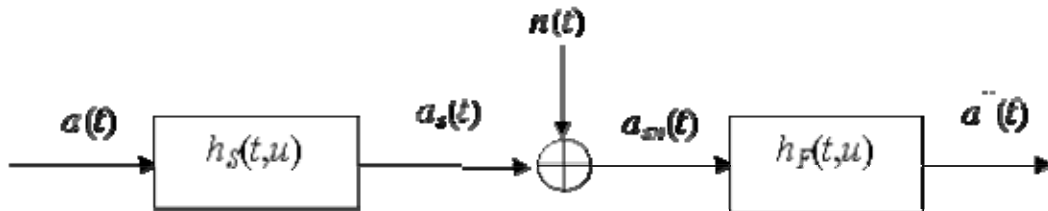


Рис. 1

Принятый сигнал $a_{sn}(t)$ является выборочной функцией случайного процесса с нулевым средним, конечным среднеквадратическим значением, ковариационной функцией $K_s(t,\tau)$ и наблюдается на фоне некоррелированной аддитивной помехи $n(t)$ с нулевым средним значением и ковариационной функцией $K_n(t,\tau)$.

Для нахождения переходной характеристики корректирующего фильтра $h_F(t,\tau)$ применим классический подход теории ли-

нейных фильтров с переменными во времени параметрами и простыми методами минимизации [6, 7].

Определим выражение для оценки $\hat{\alpha}(t)$ в следующем виде (рис. 1):

$$\hat{\alpha}(t) = \int_0^T a_{sn}(u) h_F(t, u) du. \quad (2)$$

Подставляя выражение (1) для принятого сигнала $a_{sn}(t)$ в (2), выражение для оценки $\hat{\alpha}(t)$ преобразуется к виду

$$\hat{\alpha}(t) = \int_0^T [a_s(u) + n(u)] h_F(t, u) du. \quad (3)$$

Выберем $h_F(t, u)$ так, чтобы минимизировать ошибку точечной оценки:

$$\sigma(t) = \min\{ \langle |a(t) - \hat{\alpha}(t)|^2 \rangle \}. \quad (4)$$

Подставляя выражение (1) в (4) получим:

$$\begin{aligned} \sigma(t) = |a(t) - \hat{\alpha}(t)|^2 &= |a(t)|^2 - 2 \operatorname{Re} \left\{ \left\langle a(t) \hat{\alpha}(t) \right\rangle \right\} + \\ &+ \left\langle \hat{\alpha}(t) \hat{\alpha}(t) \right\rangle = |a(t)|^2 - \\ &- 2 \operatorname{Re} \left\{ \left\langle a(t) \int_0^T a_{sn}(u) h_F(t, u) du \right\rangle \right\} + \\ &+ \int_0^T \int_0^T \left\langle a_{sn}(u) a_{sn}(v) \right\rangle h_F(t, u) h_F(t, v) dudv. \end{aligned} \quad (5)$$

В результате преобразований получим выражение точечной ошибки $\sigma(t)$ в виде:

$$\sigma(t) = I_0(t) - 2 \operatorname{Re} \left\{ \left\langle a(t) \int_0^T h_F^*(t, u) [a_s^*(u) + n^*(u)] du \right\rangle + \int_0^T \int_0^T [a_s(u) + n(u)] [a_0^*(v) + n^*(v)] h_F(t, u) h_F^*(t, v) dudv, \right. \quad (6)$$

где $I_0(t)$ – амплитуда интенсивности зондирующего сигнала.

Выполним операцию усреднения в выражении (6). Тогда, при допущении, что шумовая компонента является белым шумом, т.е. не коррелирована с сигнальной компонентой, можно обнулить ковариационные составляющие в выражении (6):

$$\sigma(t) = I_0(t) - 2 \operatorname{Re} \left\{ \int_0^T h_F^*(t, u) \int_0^T h_s^*(t, v) K_a(u, v) dv \right\} + \int_0^T \int_0^T [K_s(u, v) + K_n(u, v)] h_F(t, u) h_F^*(t, v) dudv, \quad (8)$$

где $K_a(u, v) = \langle a(u) a^*(v) \rangle$ — автокорреляционная функция (АКФ) зондирующего сигнала; $K_s(u, v) = \langle a_s(u) a_s^*(v) \rangle$ – АКФ сигнальной компоненты принятого сигнала, прошедшего через среду распространения (грунт); $K_n(u, v) = \langle n(u) n^*(v) \rangle = N_0/2 \delta(u-v)$ – АКФ аддитивного дельта-коррелированного шума.

Обозначим импульсный отклик оптимального корректирующего фильтра, $h_0(t, u)$, а импульсный отклик любого другого фильтра в разрешенном классе $h_F(t, u)$ в виде выражения

$$h_F(t, u) = h_0(t, u) + \varepsilon h_\varepsilon(t, u) \quad (9)$$

где ε – действительный параметр; $h_\varepsilon(t, u)$ – характеристика пространственного фильтра в разрешенном классе. В результате подстановки (9) в выражение (8) получим следующий вид выражения для точечной ошибки фильтра

$$\sigma_{\varepsilon}(t) = I_0(t) - 2 \operatorname{Re} \left\{ \int_0^T \left[h_0^*(t, u) + \varepsilon h_{\varepsilon}^*(t, u) \right] \int_0^T h_F^*(t, v) K_a(u, v) dudv \right\} + \int_0^T \int_0^T \left[K_s(u, v) + K_n(u, v) \right] \left[h_0(t, u) + \varepsilon h_{\varepsilon}(t, u) \right] \left[h_0^*(t, v) + \varepsilon h_{\varepsilon}^*(t, v) \right] dudv \quad (10)$$

Производя преобразования выражения (10) по методике, изложенной в [6, 7], получим следующее равенство для нахождения импульсного отклика оптимального корректирующего фильтра $h_0(t, u)$ радиолокационной системы подповерхностного зондирования взрывоопасных предметов

$$\int_0^T h_{\varepsilon}^*(t, u) \int_0^T h_s^*(t, v) K_a(u, v) dudv = \int_0^T h_{\varepsilon}^*(t, u) \int_0^T \left[K_s(u, v) + K_n(u, v) \right] h_0(t, v) dudv. \quad (11)$$

Преобразуем левую и правую часть равенства (11) по Фурье, принимая во внимание, что Фурье-преобразование от свертки двух функций равно произведению их спектров, что Фурье-образом автокорреляционной функции сигнала есть энергетический спектр сигнала, а также условившись, что шум дельта-коррелирован и, следовательно, имеет равномерное распределение энергетического спектра со спектральной плотностью мощности $N_0/2$, получим следующую запись выражения в частотной области

$$H_{\varepsilon}^*(\omega) H_s^*(\omega) G_a(\omega) = H_{\varepsilon}^*(\omega) H_0(\omega) \left[G_s(\omega) + \frac{N_0}{2} \right], \quad (12)$$

где $G_a(\omega)$ – энергетический спектр АКФ зондирующего сигнала; $H_s^*(\omega)$ – комплексно-сопряженная спектральная характеристика среды распространения радиоволн (грунт); $G_s(\omega)$ – энергетический спектр АКФ сигнальной компоненты принятого сигнала, прошедшего слой грунта; $N_0/2$ – спектральная плотность мощности шума; $H_0(\omega)$, $H_{\varepsilon}^*(\omega)$ – соответственно частотные характеристики корректирующего фильтра $h_0(t, u)$ и фильтра $h_{\varepsilon}^*(t, u)$.

Производя несложные преобразования, получим следующее выражение для частотной характеристики корректирующего фильтра радиолокационной системы подповерхностного зондирования взрывоопасных предметов

$$H_0(\omega) = \frac{H_s^*(\omega)G_a(\omega)}{G_s(\omega) + \frac{N_0}{2}}. \quad (13)$$

Для преобразования выражения (13) учтем, что АКФ принятого сигнала однозначно связана с АКФ зондирующего сигнала интегральным преобразованием, которое с учетом (1) и (8) принимает форму

$$\begin{aligned} K_S(u, v) &= \langle a_s(u)a_s^*(v) \rangle = h_s(t, u) \otimes [h_s(t, v) \otimes K_a(u, v)] = \\ &= \int_0^T h_s(t, u) \int_0^T h_s^*(t, v) K_a(u, v) dudv. \end{aligned} \quad (14)$$

Тогда энергетический спектр АКФ принятого сигнала $G_S(\omega)$ при преобразовании левой и правой части равенства (14) по Фурье будет выражен через произведение спектра АКФ зондирующего сигнала $G_s(\omega)$ спектральной характеристики среды $H_s(\omega)$ по формуле

$$G_S(\omega) = H_S(\omega)H_S^*(\omega)G_a(\omega) = |H_S(\omega)|^2 G_a(\omega). \quad (15)$$

После подстановки (15) в (13) получим окончательное выражение для частотной характеристики корректирующего фильтра радиолокационной системы подповерхностного зондирования взрывоопасных предметов

$$\begin{aligned} H_0(\omega) &= \frac{H_s^*(\omega)G_a(\omega)}{|H_s(\omega)|^2 G_a(\omega) + \frac{N_0}{2}} = \frac{H_s^*(\omega)}{|H_s(\omega)|^2 + \frac{N_0}{2G_a(\omega)}} = \\ &= \frac{1}{H_s(\omega)} \left[1 + \frac{N_0}{2|H_s(\omega)|^2 G_a(\omega)} \right]^{-1} = H_s^{-1}(\omega)\beta(\omega), \end{aligned} \quad (16)$$

$$\text{где } \beta(\omega) = \left[1 + \frac{N_0}{2|H_s(\omega)|^2 G_a(\omega)} \right]^{-1} = \left[1 + \frac{N_0}{2G_S(\omega)} \right]^{-1} = \left[1 + \frac{1}{g(\omega)} \right]^{-1} -$$

весовой спектральный множитель, зависящий от величины $g(\omega)=2G_S(\omega)/N_0$, характеризующей отношение сигнал-шум для фиксированной гармонической составляющей спектра принятого сигнала радиолокационной системой подповерхностного зондирования взрывоопасных предметов.

Выводы. Анализ полученного выражения для частотной характеристики корректирующего фильтра радиолокационной системы подповерхностного зондирования взрывоопасных предметов показывает, что для коррекции искажений спектра принятого сигнала, возникающих при прохождении среды с дисперсным характером распространения радиоволн (грунта), необходимо формировать фильтр с частотной характеристикой $H_0(\omega)$ инверсной по отношению к частотной характеристике среды распространения радиоволн $H_S(\omega)$. Кроме того, следует учитывать весовой спектральный множитель, зависящий от отношения сигнал-шум для фиксированных гармонических составляющих спектра принятого сверхширокополосного сигнала.

Таким образом, при технической реализации радиолокатора подповерхностного зондирования взрывоопасных предметов для повышения достоверности обнаружения ВП необходимо учитывать наличие априорных сведений о свойствах и параметрах грунта, как среды распространения радиоволн, окружающей ВП и осуществлять коррекцию амплитудно-частотных искажений спектра зондирующего сверхширокополосного сигнала с помощью реализации синтезированного корректирующего фильтра обработки сигналов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Взрывоопасные объекты. Методы и средства поиска, обнаружения, обезвреживания и утилизации. Под ред. В.А. Заренкова — С-Птб, 2002.
2. Landmark. Making Land-Mine Detection and Removal Practical, <http://www.llnl.gov/str/Azevedo.html>
3. Щербаков Г.Н. Обнаружение скрытых объектов — для гуманитарного разминирования, криминалистики, археологии,

строительства и борьбы с терроризмом. — М.: Арбат-Информ, 2004.

1. Щербаков Г.Н., Анцелевич М.А., Удинцев Д.Н. Выбор электромагнитного метода зондирования для поиска объектов в толще укрывающих сред, «Радиосистемы», вып. 86, 2005.
2. Финкельштейн М.И., Кутев В.А., Золотарев В.П. Применение радиолокационного подповерхностного зондирования в инженерной геологии. Под ред. М.И. Финкельштейна. — М.: Недра, 1986.
3. Г.Ван Трис. Теория обнаружения, оценок и модуляции, т. 1 Теория обнаружения, оценок и нелинейной модуляции. — М.: Сов. радио, 1972.
4. Карпенко В.И., Фещенко А.Б., Голуб Ю.В., Карпенко О.В. Синтез оптимального алгоритма формирования фазосопряженного поля, реализуемого в раскрыве оптоуправляемых антенн. «Наука і оборона», Збірка наукових матеріалів, вип. 3, Київ, 1994.

УДК 614.8

*Захаренко О.В., ад'юнкт, УГЗУ,
Созник А.П., д-р физ.-мат. наук, проф., УГЗУ*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН ЗАРАЖЕНИЯ ПРИ РАЗРУШЕНИИ РЕЗЕРВУАРА С МЕТАНОЛОМ НА ОТКРЫТОМ СКЛАДЕ ХИМИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Проведён расчёт опасных зон, возникающих при аварии с полным разрушением резервуара с метанолом. Исследованы варианты распространения газа метанола в первичном и во вторичном облаках. Показано, что с точки зрения последствий такой аварии наибольшую опасность представляет распространение вторичного облака

Постановка проблемы. В технологических процессах, связанных с хранением химических веществ на складах предприятий, возможны аварии с выбросом (разливом) опасных химических веществ в атмосферу при разгерметизации или разрушении резервуаров [1]. В случае возникновения такого рода ситуаций не-

обходимо знати зони зараження для визначення безпечної розміщення сил і засобів при ліквідації надзвичайної ситуації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сущес-твуючі в наші часи методики [2,3] прогнозування наслідків вибуху при аваріях на хімічних об'єктах і транспорті пропонують дуже грубі і наближені методи розрахунок зон можливого хімічного зараження [4]. В частині, методики [2,3] не дають значень концентрацій хімічного речовини в зоні зараження і їх зміни з часом. Методи розрахунок концентрації, представлені в [5,6], складні для проведення оперативних розрахунок і вимагають знання великої кількості важко визначуваних параметрів (близько 20 початкових даних). Характеристики хімічного речовини використовуються в [5,6] тільки для визначення кількості викинутого речовини або сили вибуху. Саме ж поширення хмари і значення концентрацій описується однаково для будь-яких хімічних речовин за допомогою напівемпіричних гауссових, або дрібно-раціональних функцій.

Постановка задачі і її рішення. В [7,8] були розглянуті моделі для розрахунок концентрації хімічних речовин при стаціонарних і нестаціонарних умовах їх поширення в атмосфері. Відзначимо, що моделі [7,8] застосовні для опису наступних можливих аварій:

- сценарій 1- повне руйнування обладнання, що містить небезпечне хімічне речовина (ОХВ) в газоподібному стані;
- сценарій 2- порушення герметичності (частичне руйнування) обладнання, що містить ОХВ в газоподібному стані;
- сценарій 3- повне руйнування обладнання, що містить ОХВ в рідкому стані;
- сценарій 4- порушення герметичності (частичне руйнування) обладнання, що містить ОХВ в рідкому стані.

В якості прикладу використання моделей в [7,8] нами розглянута аварія, що відбувається за сценарієм № 3 на відкритому складі хімічних реагентів діючого підприємства, в разі повного руйнування резервуара, що містить метанол (метилевий спирт), і представлені результати розрахунок зон зараження при поширенні первинного і вторинного хмар.

Для проведения расчётов по определению зон заражения в первую очередь необходимо найти количество газообразного метанола Q_e (кг) находящегося в резервуаре, которое мгновенно высвобождается при его разрушении и образует первичное облако. Далее можно найти расход метанола Q_u (кг/мин) при его испарении из разлива в обваловании. Испаряющийся метанол образует вторичное облако. На данном складе резервуар с высотой 7 м и диаметром 3 м заполнен метанолом на 80%, а обвалование, выполненное из бетона, имеет площадь 75 м².

В результате, используя методику [5], нами были получены следующие значения: $Q_e=266,5$ кг, а $Q_u=24$ кг/мин, что соответствует времени испарения разлитого в обваловании метанола в течении 22 часов. При нахождении этих величин использовались следующие параметры: давление в резервуаре $5 \cdot 10^5$ Па; температура окружающей среды 20 °С; плотность 786,9 кг/м³ и теплоёмкость $2,5 \cdot 10^3$ Дж/(кг К) жидкого метанола; температура кипения 64,9 °С; теплота испарения – $7,4 \cdot 10^6$ Дж/кг; теплопроводность, теплоёмкость и плотность бетона из которого состоит обвалование [9]. Расчёт Q_u выполнен для случая, когда скорость ветра равна 2 м/с.

При разгерметизации ёмкости и разлива жидкости в обваловании в начальной стадии сценария № 3, образуется первичное облако за счёт мгновенного выброса газообразного метанола, содержащегося в резервуаре. Используем полученное в [8] выражение для концентрации химического вещества при нестационарных условиях, которое соответствует мгновенному точечному источнику

$$\Phi(\vec{r}, t) = \frac{Q_\Gamma}{2(2\pi)^3} \frac{\pi}{\mu} \sqrt{\frac{\pi}{\nu}} \frac{1}{t^{3/2}} \exp\left[-\sigma t - \frac{y^2 + (x - vt)^2}{4\mu t}\right] \times \{H_1(z) + H_2(z)\}, \quad (1)$$

$$H_{1,2}(z) = \exp\left[-\frac{(z \pm z_0 \pm v_z t)^2}{2\mu t}\right]$$

где σ – коэффициент, который описывает убывание вещества за счет химических реакций, проходящих в атмосфере, мин⁻¹, μ и ν – коэффициенты горизонтальной и вертикальной диффузии, м²/мин, Q_e – количество выброшенного газообразного метанола, кг,

z_0 – висота источника выброса, м, z – висота наблюдения, м, ось Oz направлена вверх, t – время наблюдения, мин, v , v_z – скорости ветра вдоль осей Ox и Oz , м/мин.

На рис. 1 приведены результаты наших расчётов распределения концентрации при выбросе метанола: $Q_c=266,5$ кг, $\sigma=0,2$ мин⁻¹, $\mu = v = 0,972$ м²/мин, $z_0=7$ м, $z=2$ м, $V = 120$ м/мин, $V_z = 0,6$ м/мин, через время $t=5$ мин после выброса

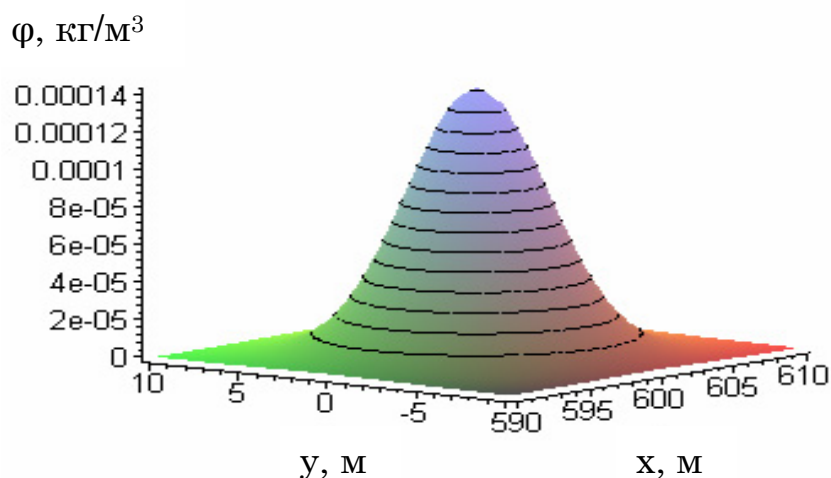


Рис. 1 – Пространственное распределение концентрации метанола через 5 мин. после выброса

На высоте 2 м от земли максимальная концентрация метанола составляет $0,00014$ кг/м³ на расстоянии 600 м от источника. На высоте 7 м, т.е. на высоте источника, концентрации значительно больше и равна 0.1 кг/м³. Через 7 мин после аварии центр облака переместится на расстояние до 840 м от источника, а максимальная концентрация вещества при $z=2$ м уменьшится до $8 \cdot 10^{-5}$ кг/м³. По истечении 10 мин после мгновенного выброса, концентрация метанола близка к предельно допустимой концентрации ($\varphi_{ПДК}$ для населения – $1 \cdot 10^{-6}$ кг/м³) и не несет в себе угрозы химического заражения при $z=2$ м. При этом, на высоте $z_0=7$ м концентрация метанола соответствует $0,002$ кг/м³ и остаётся опасной для жизни человека.

В результате испарения метанола из обвалования, расход которого составляет $Q_u = 24$ кг/мин, образуется вторичное облако. Ра-

спространение вторичного облака с учётом времени испарения метанола в течение 22 часов можно рассматривать как установившийся процесс и использовать стационарную модель [7]. Нами рассчитано распределение концентрации метанола, размеры зон заражения с учётом ПДК для рабочей зоны и населения, верхнего и нижнего концентрационных пределов воспламенения (ВКПВ, НКПВ).

Для этого используем полученное в [7] выражение

$$\varphi(\vec{r}) = \frac{Q_u}{8\pi\sqrt{\mu}} [\varphi_1(\vec{r}) + \varphi_2(\vec{r})], \quad (2)$$

$$\varphi_{1,2}(\vec{r}) = \frac{1}{\psi} \exp\left[\frac{xv}{2\mu} + \frac{v_z|z \mp z_0|}{2\nu} - \frac{\alpha}{2\mu\nu}\psi\right],$$

$$\psi = \sqrt{v(x^2 + y^2) + \mu(z \mp z_0)^2}, \quad \alpha = \sqrt{v^2 + \mu v_z^2 + 4\mu\nu\sigma},$$

которое соответствует стационарному случаю для точечного источника.

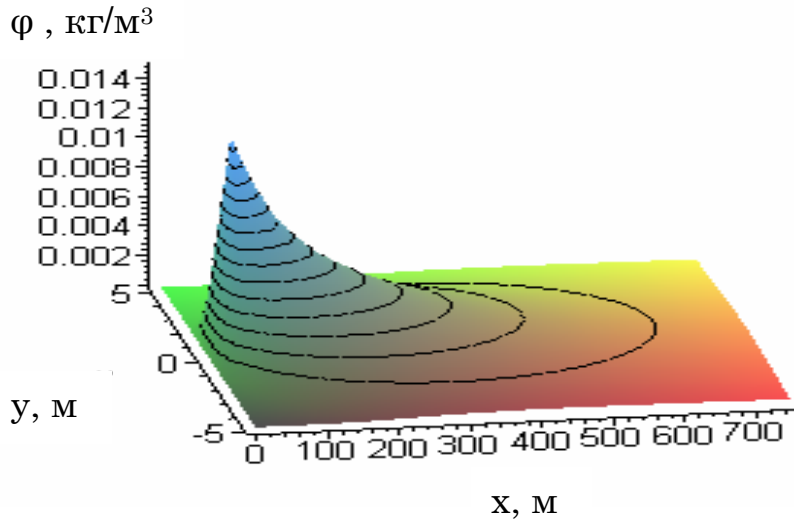


Рис. 2 – Распределение концентрации метанола при стационарных условиях

На рис. 2, 3 приведены результаты наших расчётов концентрации вещества при стационарных условиях в соответствии с фо-

Захаренко О.В., Созник А.П.

рмулой (2) при $Q_u = 24$ кг/мин, $z_0 = 1$ м (высота зеркала разлитого метанола в обволонии), значение остальных параметров совпадают с предыдущими, а значения $\varphi_{ПДК}$ для населения – $1 \cdot 10^{-6}$ кг/м³, $\varphi_{ПДК}$ для рабочей зоны – $5 \cdot 10^{-6}$ кг/м³, $\varphi_{НКПВ} = 1,7 \cdot 10^{-5}$ кг/м³, $\varphi_{ВКПВ} = 3,9 \cdot 10^{-5}$ кг/м³.

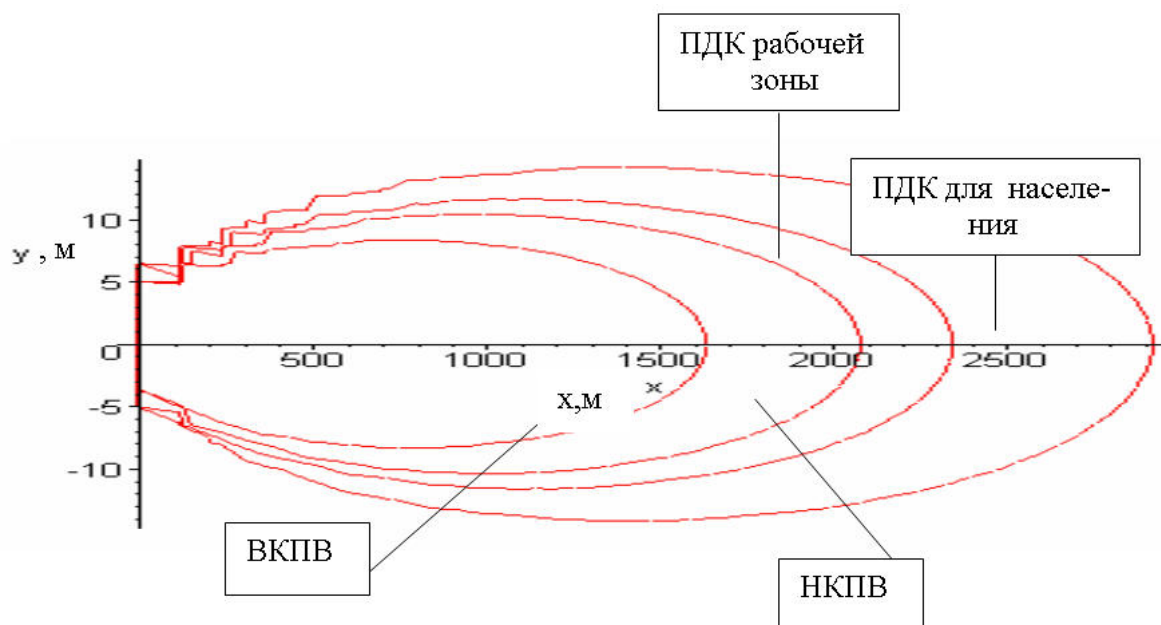


Рис. 3 – Зоны $\varphi_{ПДК}$, $\varphi_{НКПВ}$, $\varphi_{ВКПВ}$ при выбросе метанола

При испарении метанола со скоростью 24 кг/мин концентрация вещества вблизи источника составляет 0,014 кг/м³. На расстоянии до 400 м концентрация уменьшается до 0,001 кг/м³, но остаётся опасной для здоровья людей, находящихся в промышленной зоне и для боевых подразделений аварийно-спасательной службы, ликвидирующих разливы. Зона верхнего и нижнего концентрационных пределов воспламенения охватывает промышленную зону, где реальна возможность существования источника зажигания, т.е. возможно загорание паровоздушного облака. Отметим, что для данного предприятия ближайший промышленный объект с обслуживающим персоналом расположен на расстоянии 600 м от склада химических реагентов, а расстояние до ближайшего населённого пункта – 2100 м. Из результатов расчётов, представленных на рис. 3 следует, что при рассматриваемой аварии в зоне за-

ражения метанолом окажуться не только работники предприятия, но и население.

Предположим, что через 7 мин после начала аварии разлив метанола в обваловании засыпали песком, в результате чего его испарение прекратилось. Найдём распределение концентрации вещества во вторичном облаке через 5 мин после окончания работ по засыпке, используя полученное в [8] выражение

$$\varphi(\vec{r}, t) = \tau \int_0^1 \Phi(\vec{r}, t - \tau u) du, \quad t > \tau, \quad (3)$$

где $\Phi(\vec{r}, t)$ определяется выражением (1), τ – время работы источника, мин.

Результаты расчёта при $\tau=7$ мин, $t=12$ мин представлены на рис. 4.

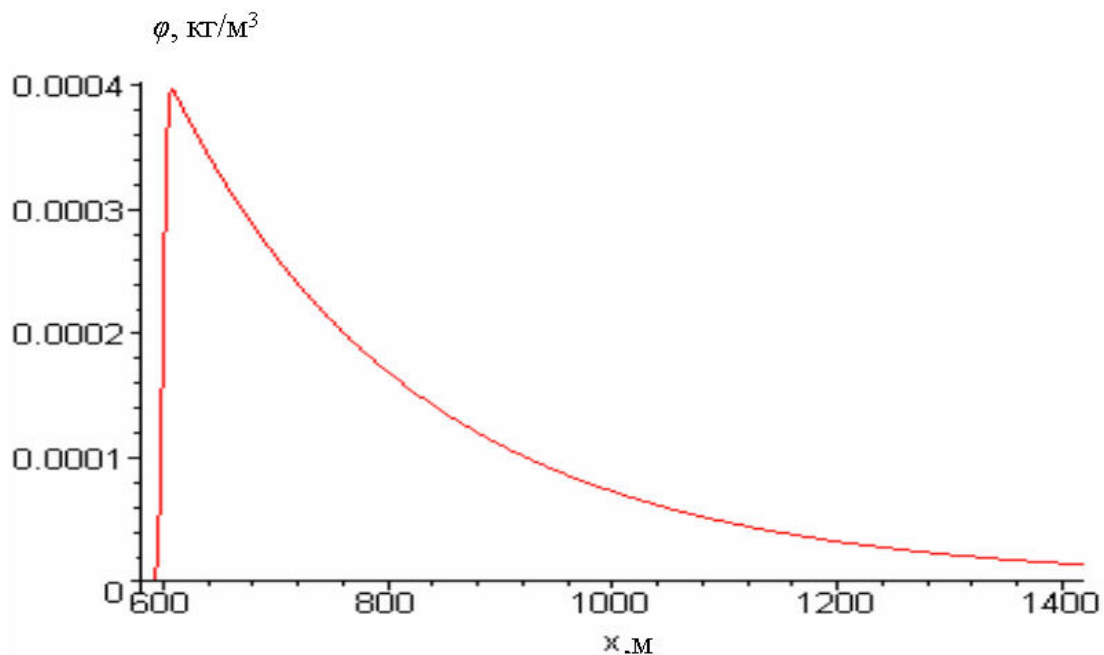


Рис. 4 – Распределение концентрации метанола через 12 мин после начала работы источника

Через 5 мин. после окончания процесса испарения центр облака метанола переместится на расстояние 600 м от источника и максимальная концентрация составит 0,0004 кг/м³. С учётом ПДК для рабочей зоны и для населения видно, что после прекращения работы источника существует угроза химического заражения па-

рами метанола. При этом с течением времени данное облако перемещается, удаляясь от источника, значение концентрации в максимуме уменьшается. Однако угроза химического заражения остаётся реальной до расстояний 1500м.

Выводы. Таким образом, модели в [7,8] позволяют провести расчёт токсического заражения атмосферы метанолом на складе химических реагентов как для первичного, так и для вторичного облаков. Значения рассчитанных распределений концентраций позволяет оперативно получить информацию о зоне токсического заражения по известным значениям предельно допустимых концентраций для рабочей зоны и для населения. Кроме того, предлагаемый подход даёт возможность найти зоны, в которых концентрация достигает верхнего и нижнего концентрационных пределов воспламенения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маршалл В. Основные опасности химических производств - М.: Мир, 1989.-672с.
2. Методика прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті. Затверджена Наказом Міністерства з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи, Міністерства аграрної політики, Міністерства економіки, Міністерства екології і природних ресурсів від 27.03.2001 р. № 73/82/64/122.
3. Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. Утверждена начальником Гражданской обороны СССР и председателем Госкомгидромета СССР 23 марта 1990г.
4. Созник А.П. Захаренко О.В. Проблемы пожарной и химической опасности при авариях на химических предприятиях. Проблемы пожарной безопасности: Сб. научн. тр.-Харьков: АО Фолио, 2005,-Вып. 17.-С.55-61.
5. Методика оценки последствий химических аварий (Методика „Токси”. Редакция 2.2). Утв. ГУП „НТЦ „Промышленная безопасность”, 2002.

6. Методика расчёта концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86.
7. Захаренко О.В. Зоны химического заражения при выбросе опасных химических веществ. Науковий вісник будівництва: Сб. научн. тр.-Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2005.-Вип.31.-С.288-291.
8. Созник А.П., Захаренко О.В. Определение концентрации химических веществ при истечении из резервуара в нестационарных условиях. Проблемы надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. України. Вип.3.-Харків: Фоліо, 2006.-С19-25.
9. Гороновский И.Т., Назаренко Ю.П., Некряч Е.Ф. Краткий справочник по химии.-К.: Наукова думка, 1987.- 828с.

УДК 614.84

*Калашников А.А., канд. техн. наук, преп., УГЗУ,
Поляк Т.Ю., канд. техн. наук, ст. науч. сотр. НМЦ УЗ МЧС
Украины,
Рашкевич С.А., преп., УГЗУ*

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПОНОВКИ ОБОРУДОВАНИЯ В КУЗОВАХ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

(представлено д-ром техн. наук Комяк В.М.)

Представлен алгоритм компоновки пожарно-технического вооружения (ПТВ) в кузове автомобиля. Осуществлено компьютерное моделирование компоновки ПТВ по отсекам кузова аварийно-спасательного автомобиля

Постановка проблемы. При компоновке пожарно-технического вооружения в кузовах аварийно-спасательных автомобилей необходимо учитывать многочисленные технологические, эксплуатационные и эргономические требования. В качестве *эксплуатационных* требований рассматривается размещение ПТВ по контейнерам по функциональному признаку. Весь набор пожарно-технического вооружения делится по функциональному назначению на группы снаряжения и оборудования. К *эксплуатаци-*

онным требованиям относится размещение частоиспользуемого оборудования в легкодоступных местах кузова автомобиля. В качестве *эргономических* требований рассматриваются требования, приводящие к более удобным действиям спасателей при боевом развертывании.

Основной особенностью проектирования автомобилей такого типа является то, что оборудование в кузове стандартных размеров должно быть размещено таким образом, чтобы время боевого развертывания спасательными подразделениями было минимальным, при этом количество доставляемого спасательнотехнического оборудования (в частности ПТВ), как минимум, не должно сокращаться.

Рассмотрим задачу, которая возникает при проектировании кузовов специальных автомобилей служб быстрого реагирования на чрезвычайные ситуации. В качестве примера для решения данной проблемы был выбран аварийно-спасательный автомобиль, по следующим признакам:

1) Комплектация основной пожарной машины (автоцистерны) насчитывает лишь 50-80 единиц оборудования, а количество перевозимого АСА оборудования составляет 100-200 единиц. Соответственно, если компоновку АЦ можно осуществить с помощью интерактивных пакетов, хотя бы в неточном приближении, то проанализировать все возможные варианты компоновки АСА с учетом многочисленных требований эвристическим подходом, либо с помощью существующих интерактивных пакетов не представляется возможным.

2) Большое влияние на устойчивость ПА оказывает центр масс автомобиля. В АЦ максимальное влияние оказывают цистерны с водой и пенообразователем. Отклонение центра масс оборудования (при компоновке автоцистерны) от центра масс основного резервуара наблюдаться не будут. Это изначально снижает интерес к данному типу автомобиля. Комплектация же АСА осуществляется нестационарными емкостями, при этом их вес не превышает 30 кг. Следовательно, при компоновке данного автомобиля необходимо учитывать величину отклонения центра масс оборудования от центра масс базового шасси.

Решение проблемы компоновки аварийно-спасательного оборудования в кузовах АСА с учетом вышеописанных требований представляется возможным с помощью методов математического и компьютерного моделирования.

Анализ последних исследований и публикаций. Проведен анализ мировых тенденций совершенствования пожарных автомобилей, определены новые пути их развития и возникающие при этом требования [1]. В литературе [2] показано, что большую роль для маневренности, а следовательно для сокращения времени прибытия и развертывания автомобиля, играет компоновка его кузова. Исследования последних публикаций [3,4] показали, что произошли значительные изменения в создании и технических решениях специальной техники. Усовершенствованы типаж и концептуальные особенности автомобилей для пожарно-спасательной службы [3].

Постановка задачи и ее решение. Необходимо разместить набор оборудования в отсеках кузова автомобиля с учетом технологических, эксплуатационных и эргономических требований [5] в отсеках с переменными метрическими характеристиками. В качестве функции цели выбрано минимизацию времени задержек, вызванных нерациональным размещением оборудования. Пусть параметры области размещения (кузова) – A, B, C , где A – длина, B – ширина и C – его высота. У отсеков переменной является a_i – его длина. Постоянными метрическими характеристиками остается ширина отсека $b = B/2$ и его высота $c = C$. Сумма количества отсеков с одной и другой стороны кузова определена как $N = N1 + N2$, где $N1$ и $N2$ – количество отсеков с одной и другой стороны кузова. Но их количество с одной и другой стороны может не соответствовать одна другой, т.е. $N1 \neq N2$ (т.е. может быть следующая ситуация, например $N1=2, N2=4$ и др. комбинации).

Разработан алгоритм размещение выпуклых геометрических объектов в параллелепипеде.

Необходимо разместить объекты $T_i (i = 1, 2, \dots, n_I)$ (параллелепипеды, многогранники) в прямоугольном отсеке S_I с размерами $(a_I, b/2, c)$ с учетом ограничений и с минимизацией функции цели [5]. С учетом особенностей задачи, будем рассматривать всевозможные плотные компоновки объектов (количество которых $n_I!$) с точки зрения рассматриваемой функции цели. Под плотной упаковкой будем понимать размещение объектов $T_i (i = 1, 2, \dots, n_I)$ в параллелепипеде минимальной длины.

Рассмотрим алгоритм решения задачи плотной упаковки многогранных объектов с учетом ограничений задачи. В соответст-

вии с методом оптимизации по группам переменных размещение T_l будет происходить таким образом:

Шаг 1. T_1 размещаем в точке $(0,0,0)$ (вершине параллелепипеда $S_I = \{(x, y, z) \in R^3 \mid 0 \leq x \leq a_I - x^1_{\max}, 0 \leq y \leq b/2 - y^1_{\max}, 0 \leq z \leq c - z^1_{\max}\}$), где a_I - длина параллелепипеда S_I .

Рассмотрим процедуру размещения многогранника T_2 .

Шаг 2. Примем за точку (x_1^*, y_1^*, z_1^*) точку $(0,0,0)$ и транслируем поверхность $\tilde{\gamma}_{12}$ на полученный вектор (x_1^*, y_1^*, z_1^*) . Областью допустимых положений полюса O_2 , при которых выполняется условие $T_2 \subset S_I$, является параллелепипед $P_2 = \{(x, y, z) \in R^3 \mid 0 \leq x \leq a_I - x^2_{\max}, 0 \leq y \leq b/2 - y^2_{\max}, 0 \leq z \leq c - z^2_{\max}\}$, $\tilde{\gamma}_{12}$ - Ф-функция 0-уровня для выпуклых объектов T_1 и T_2 .

Шаг 3. Область D_2 допустимых положений полюса O_2 , при которых выполняется условие $T_2 \subset S_I$ и $\text{int } T_1 \cap \text{int } T_2 = \emptyset$ будет $D_2 = P_2 \setminus \tilde{\Gamma}_{12}$, где $\tilde{\Gamma}_{12}$ - область, границей которой является $\tilde{\gamma}_{12}$. Из области D_2 выбирается точка (x_2^*, y_2^*, z_2^*) такая, что $y_2^* = \min_{y \in D_2} y \mid x_2^* = 0, z_2^* = 0$.

Шаг 4. Аналогично размещается объект T_3 , для этого определяются параметры его размещения (x_3^*, y_3^*, z_3^*) и т.д. пока будут выполняться условия размещения объектов T_1, T_2, \dots, T_i в формируемом ряду.

Шаг 5. Если условия размещения в ряду не будут выполняться, переходим к заполнению следующего ряда в параллелепипеде, заданном $\left[\left(\max_i (x_i^* + a_i), 0, 0 \right), (a_I, 0, 0), (a_I, b/2, 0), \left(\max_i (x_i^* + a_i), b/2, 0 \right), \left(\max_i (x_i^* + a_i), 0, c \right), (a_I, 0, c), (a_I, b/2, c), \left(\max_i (x_i^* + a_i), b/2, c \right) \right]$ и т.д., пока рядами многогранников T_1, T_2, \dots, T_l не будет заполнен слой.

Шаг 6. Объекты T_{l+1}, \dots, T_{l+n} размещаются в области $\left[\left(0, 0, \max_l (z_i^* + c_i) \right), \left(a_I, 0, \max_l (z_i^* + c_i) \right), \left(a_I, b/2, \max_l (z_i^* + c_i) \right), \left(0, b/2, \max_l (z_i^* + c_i) \right), (0, 0, c), (a_I, 0, c), (a_I, b/2, c), (0, b/2, c) \right]$ и т.д.

В результате найдем вариант плотной упаковки многогранных объектов $T_i (i = 1, 2, \dots, n)$ в отсеке S_I минимальной длины и высоты, для которого определяется суммарное время задержек.

Шаг 7. Перебор ($n!$) вариантов плотной упаковки осуществляется по методу Монте – Карло. В результате перебора выбирается вариант с наилучшим временем.

Шаг 8. Конец алгоритма.

Решение задачи размещения оборудования в кузове АСА (количество контейнеров с одной и другой стороны кузова одинаковое, но длины у них попарно одинаковые) (рис 1). Из рисунка видно, что благодаря данному варианту компоновки происходит уменьшение высоты некоторых отсеков, что может позволить сокращению высоты всего кузова на 15%. Тем самым мы получим улучшение устойчивости за счет снижения габаритов и снижения центра масс кузова. Оборудование аппроксимировано параллелепипедами и многогранниками.

Упаковка проводилась по рядам и по слоям, учитывался ряд ограничений [6].

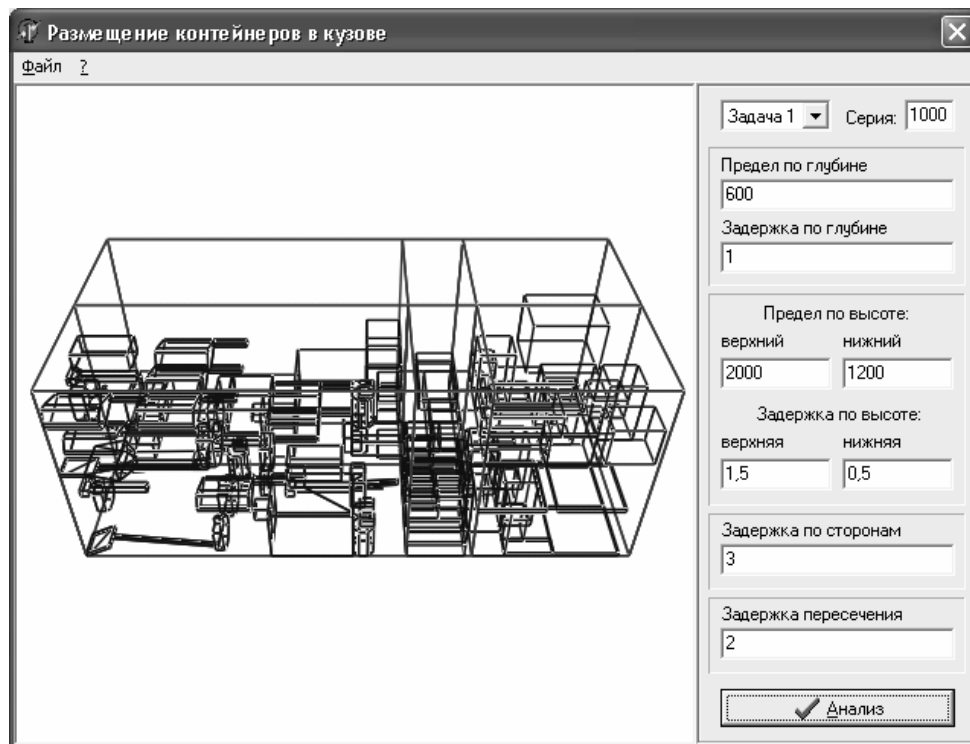


Рис. 1 – Решение задачи с невыпуклыми многогранниками

Приведенный наилучший результат получен на 6712-й перестановке, при переборе 100000 вариантов. Номера контейнеров

Калашников А.А., Поляк Т.Ю., Рашкевич С.А.

расположились в следующем порядке: 3 6 1 5 2 4. Время задержки при решении задачи составило: $6.600000000000000E+0001$ сек, т.е. 66 сек.

Выводы. Приведено обоснование выбора для компьютерного моделирования АСА, как, включающего в себя все признаки специальной техники. Разработано алгоритмическое обеспечение для решения задачи компоновки оборудования по отсекам с переменными и постоянными метрическими характеристиками отсеков.

Эффективность моделей, методов, алгоритмического и программного обеспечения показана при решении ряда конкретных примеров компоновки оборудования. По полученным результатам для АСА созданы рекомендации для всех выполняемых видов работ спасательными расчетами МЧС, создан табель спасательного расчета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулаковский Б.Л. и др. Пожарные аварийные и специальные машины: Учебное пособие/Б.Л. Кулаковский, В.И. Махонько, А.В. Кузнецов.- Мн.: Технопринт, 2002.– С. 217-268.
2. ТІТАЛлівський почерк. Науково-виробничий журнал Пожежна Безпека № 8 (83) 2006.- К.: Науково-виробниче підприємство «Спецпожсервіс», 2006.– С. 16-17.
3. Пивоваров В.В., Яковенко Ю.Ф. Типаж и концептуальные особенности автомобилей для пожарно-спасательной службы// Пожарное дело №3, 2003.– С. 28-29.
4. Яковенко Ю.Ф., Яковенко К.Ю. Концептуальные подходы к созданию и технические решения зарубежных пожарных автомобилей нового поколения // Пожаровзрывобезопасность. Т.12. № 2. 2003.– С. 58-63.
5. Калашніков О.О. Геометричне та комп'ютерне моделювання компонування обладнання спеціальної техніки швидкого реагування: Автореф. дис. на здобуття наукового ступеню канд. техн. наук. - Мелітополь, 2005.- 22 с.
6. Комяк В.М., Калашников А.А. Геометрическое и компьютерное моделирование некоторых процессов, возникающих при чрезвычайных ситуациях. Сборник научных трудов: Межведомственный научно-технический сборник. Спецвыпуск.-К.: Випол, 2004.– С. 232-236.

Квітковський Ю.В., викл., УЦЗУ

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ УДАРНОЇ ХВИЛІ, ЩО УТВОРЮЄТЬСЯ ПІД ЧАС ВИБУХУ ГАЗОПОВІТРЯНОЇ СУМІШІ

(представлено д-ром техн. наук Прохачем Е.Ю.)

У статті наведена загальна методика розрахунку параметрів ударної хвилі, яка виникає під час вибуху газоповітряної суміші. Даються рекомендації щодо використання зазначеної методики під час проектування споруд цивільного захисту

Постановка проблеми. Як зазначено у ДБН В 2.2.5-97 «Захисні споруди цивільної оборони» [1], який є основним і, на сьогоднішній день, єдиним в Україні нормативним документом з питань проектування споруд цивільного захисту: «Захисні споруди цивільної оборони призначаються для захисту в мирний час персоналу, який переходується від наслідків аварій, катастроф та стихійного лиха, які загрожують масовому ураженню, а також у воєнний час – від сучасної зброї масового ураження». В той же час у зазначеному документі є тільки загальні рекомендації щодо проектування та конструювання цих споруд без детального урахування особливостей силових навантажень, які виникають під час тих чи інших ймовірних надзвичайних ситуацій. Крім того, не конкретизовані вимоги щодо витривалості споруд під час надзвичайних ситуацій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існуюча нормативна база щодо проектування та розрахунку конструкцій споруд цивільного захисту, як в Україні [1], так і в Росії [2], а також спеціальна література, зокрема [3], враховує дію на споруди ударної хвилі ядерного вибуху. Щодо окремих випадків силових навантажень, які можуть виникнути під час надзвичайних ситуацій, то такі варіанти у літературі не розглядаються.

Постановка завдання та його вирішення. На сучасних підприємствах зберігаються та переробляються десятки й сотні тонн газоподібних або зріджених вуглеводневих продуктів. Руйнування чи пошкодження будівель, споруд або технологічних установок, ємностей, трубопроводів, які містять зазначені речовини може призвести до їх витікання. Відповідно, внаслідок неминучого контакту вуглеводневих продуктів з киснем повітря можуть утво-

ритися газоповітряні вибухопожежонебезпечні суміші. Під час вибуху газоповітряної суміші (ГПС) утворюється осередок вибуху з ударною хвилею, яка руйнує будівлі та споруди, а також вбиває людей.

Параметри вибуху ГПС (тиск у фронті ударної хвилі та ефективний час її дії) будуть залежати від зони, в якій може опинитися споруда (у даному випадку це – захисна споруда, укриття), від відстані до центру вибуху, а також від складу ГПС. Методика розрахунку параметрів вибуху ГПС відповідає усередненим фізико-механічним та енергетичним характеристикам стехіометричної суміші вуглеводневих газів типу C_mH_n з повітрям, а також ідеалізованій схемі вибуху хмари ГПС у вигляді півсфери з ініціюванням вибуху в її центрі.

В осередку вибуху ГПС прийнято виділяти три умовні зони [4] (рис. 1): зона I – дія детонаційної хвилі у межах хмари ГПС; зона II – дія продуктів вибуху ГПС; зона III – дія повітряної ударної хвилі.

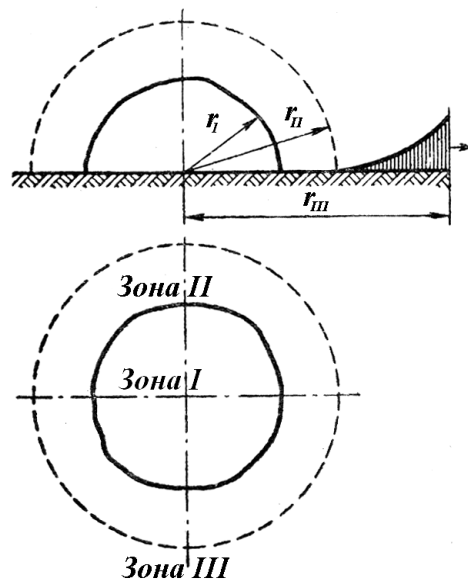


Рис 1 – Схема вибуху хмари ГПС

Радіус зони детонаційної хвилі r_I наближено можна визначити по формулі [5]

$$r_I = 17,5\sqrt[3]{Q}, \text{ м}, \quad (1)$$

де Q – кількість зрідженого вуглеводневого газу у сховищі, яка мала місце до вибуху, т.

В межах I зони діє детонаційна хвиля з постійним надлишковим тиском у фронті, який дорівнює $\Delta P_I = 1700$ кПа.

Ефективний час дії θ детонаційної хвилі визначається по формулі [5]

$$\theta = 0,47 \cdot 10^{-3} \cdot r_I \left(1 + \frac{0,4r}{r_I} \right), \text{ с}, \quad (2)$$

де r – відстань до центру вибуху, м, причому $r \leq r_I$.

Зона дії продуктів вибуху ГПС (зона II) охоплює всю зону розлітання продуктів газоповітряної суміші внаслідок її детонації. Радіус цієї зони $r_{II} \approx 1,7r_I$.

Надлишковий тиск ΔP_{II} у межах II зони змінюється у межах від 300 кПа до 1350 кПа і може бути визначеним по формулі [5]

$$\Delta P_{II} = 1300 \left(\frac{r_I}{r} \right)^3 + 50, \text{ кПа}. \quad (3)$$

Ефективний час дії у зоні II можна визначити по формулі [5]

$$\theta = 2,1 \cdot 10^{-4} r_I \sqrt{\left(\frac{r}{r_I} \right)^5}, \text{ с}. \quad (4)$$

В зоні дії повітряної ударної хвилі (зона III) формується фронт ударної хвилі, яка розповсюджується по поверхні землі. Надлишковий тиск ΔP_{III} у зоні III визначається наступним чином. Спочатку визначається відносна величина радіусу ударної хвилі

$$\Psi = 0,24 \frac{r_{III}}{r_I} \quad (5)$$

Якщо $\Psi \leq 2$ то

$$\Delta P_{III} = \frac{700}{3(\sqrt{1 + 29,8\Psi^3} - 1)}, \text{ кПа.} \quad (6)$$

При $\Psi > 2$

$$\Delta P_{III} = \frac{22}{\Psi \sqrt{1g\Psi + 0,158}}, \text{ кПа.} \quad (7)$$

Ефективний час дії повітряної ударної хвилі у зоні III можна визначити по формулі [5]

$$\theta = \frac{2,5 \cdot 10^{-4} r_{III}}{\Delta P_{III} \Psi^2}, \text{ с.} \quad (8)$$

Якщо у формулу (8) підставити значення Ψ , то отримуємо вираження

$$\theta = \frac{4,34 \cdot 10^{-3} r_I^2}{\Delta P_{III} r_{III}}, \text{ с.} \quad (9)$$

Для визначення надлишкового тиску на визначеній відстані від центру вибуху необхідно знати кількість вибухонебезпечної суміші Q , яка зберігається у ємності чи агрегаті.

Висновки. Характер руйнування споруд, а також ступінь ураження людей, яке буде викликано дією надлишкового тиску під час вибуху ГПС, наближено може бути прийнятий таким, як і під час ядерного вибуху [3, 5, 6]. Відтак, під час розрахунків по оцінці стійкості конструкцій до дії вибуху ГПС можна користуватися табличними даними щодо ступенів руйнування будівель та споруд при різних значеннях надлишкового тиску, які наводяться у багатьох посібниках з цивільної оборони. Але слід мати на увазі, що для коректної оцінки наслідків у зонах I та II ці дані справедливі, якщо йдеться про вибух ємності місткістю від 100 тонн та більше. Якщо розрахункова маса вибухонебезпечної речовини Q менша, ніж 100 тонн, то оцінювати вплив детонаційної вибухової хвилі слід відповідно до даних для звичайних тротилових зарядів.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.2-5-97. Будинки і споруди. Захисні споруди цивільної оборони. Держкоммістобудування України. Київ, 1998 – 119 с.
2. СНиП II-II-77* Защитные сооружения гражданской обороны. Госстрой СССР, 1985 – 89 с.
3. Котляревский В.А., Ганушкин В.И., Костин А.А. и др. Убежища гражданской обороны. Конструкции и расчет. – М.: Стройиздат, 1989. – 606 с.
4. Балаганский И.А., Мержиевский Л.А. Действие средств поражения и боеприпасов: Учебник. – Новосибирск: Издательство НГТУ. – 2004. – 408 с.
5. Гельфанд Б.Е., Сильников М.В. Фугасные эффекты взрывов. – СПб.: ООО «Издательство «Полигон», 2002.- 272 с.
6. Демиденко Г.П., Кузьменко Е.П., Орлов П.П. и др. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения: Справочник. – К.; Вища школа. – 1989. – 287 с.

УДК 341.3

Климчук Ю.В., канд. юр. наук, ст. викл., УЦЗУ

ФУНКЦІЇ ЦИВІЛЬНОЇ ОБОРОНИ ПІД ЧАС ЗБРОЙНИХ КОНФЛІКТІВ

(представлено д-ром техн. наук Комяк В.М.)

В статті здійснюється аналіз діючих норм міжнародного гуманітарного права відносно цивільної оборони, систематизації її функцій і сфери застосування

Постановка проблеми. У статті ідеться про діяльність цивільної оборони під час або в зв'язку зі збройними конфліктами, а також відповідність правових та організаційних засад діяльності МНС України. міжнародним договорам. На жаль, збройні конфлікти залишаються реальністю сучасного світу і повинні враховуватися як окремий об'єкт міжнародно-правового регулювання. У збройних конфліктах останнього десятиліття в Африці, Азії, Європі, на Середньому Сході й у деяких країнах – членах СНД проявилися протиріччя етнічного, релігійного і культурного характеру, відзначені незліченні страждання цивільного населення і без-

Климчук Ю.В.

прецедентний розгул насильства. Міжнародне гуманітарне право, як галузь міжнародного права повинна регулювати міжнародні та внутрішні збройні конфлікти і містить у собі поняття та функції цивільної оборони.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Закордонні фахівці, такі як Гассер Х.-П., Кальсховен Ф., Мулинен Ф., Пикте Ж. та ін. достатньо повно проаналізували норми міжнародного гуманітарного права з питань цивільного захисту, але у вітчизняній науці ця проблема висвітлена недостатньо.

Постановка завдання та його вирішення. Безумовно, служби, що здійснюють боротьбу з пожежами, стихійними лихами відомі зі стародавності. Але поняття «цивільна оборона» з'явилося в міжнародних договорах тільки в другій половині ХХ століття. Термін «цивільна оборона» визначає систему заходів щодо захисту й виживання цивільного населення. Завдання цивільної оборони закріплені в I Додатковому Протоколі до Женевських Конвенцій 1949 року, прийнятому на дипломатичній конференції в Женеві в червні 1977р.: Оповіщення, евакуація, надання і влаштування притулків, проведення заходів щодо світломаскування, рятувальні роботи, медична й перша допомога, релігійна допомога, протипожежні заходи, виявлення й позначення небезпечних районів, знезаражування й інші подібні міри, термінове надання помешкання і необхідних речей постраждалим, термінова допомога у відновленні й підтримці порядку в постраждалих районах, термінове відновлення комунальних служб, термінове поховання трупів, допомога в збереженні об'єктів, істотно необхідних для виживання, додаткова діяльність, необхідна для здійснення кожного з вищезгаданих завдань, включаючи планування й організацію, але не обмежувана цим [1, с.255,256].

Прийнято вважати, що комплекс принципів і норм міжнародного гуманітарного права застосовується під час або у зв'язку зі збройними конфліктами [3, с.260]. Представляється, що на початку ХХІ століття значимість норм міжнародного гуманітарного права зростає не тільки у військовий, але й у мирний час. Поява інституту «цивільної оборони» серед норм міжнародного права не випадкова й викликана рядом причин:

- співвідношення втрат комбатантів і нонкомбатантів міняється, у багаточисельних конфліктах у другій половині ХХ століття відсоток цивільних жертв зріс до майже абсолютної цифри - 94%, а кількість біженців - 25 млн. чоловік [4, с.201];

- інші, нетрадиційні форми ведення бойових дій;
- створення й використання нових засобів озброєнь (у т.ч. діючі на психіку, генетику й фізіологію людини);
- можливе використання зброї масового ураження й природного середовища в збройних конфліктах і терористичної діяльності;
- тенденція до зближення війни й тероризму як інструментів досягнення політичних цілей, що виражаються в насильницькій основі, посилення ролі залякування й прагнення до підвищення ефективності нападу шляхом впливу на найбільш доступну мету - цивільні особи й об'єкти [5, с.287,288];
- кількість людських жертв, руйнувань і вплив тероризму на міжнародні відносини й світове співтовариство по своїх масштабах зрівнялися зі збройними конфліктами [2, с.1];
- особиста участь цивільної оборони (МНС) у заходах щодо демілітаризації (у т.ч. ліквідації й утилізації боєприпасів);
- збільшення ймовірності руйнівних наслідків природних і техногенних катастроф.

Правове регулювання діяльності цивільної оборони у внутрішнім законодавстві України має комплексний характер й об'єднує норми різних галузей права (конституційного, кримінального, адміністративного, господарського, фінансового й ін.): Конституція України (254до/96-ВР), Закони України «Про правові основи цивільного захисту»(1859-4), «Про захист населення й територій від надзвичайних ситуацій техногенного й природного характеру»(1809-14), «Про правовий режим надзвичайного стану»(1647-14), «Про аварійно-рятувальні служби»(1281-14), «Про пожежну безпеку»(3745-12), «Про використання ядерної енергії й радіаційну безпеку»(39/95-ВР), «Про забезпечення санітарного й епідеміологічного благополуччя населення»(4004-12), «Про правовий режим території, що піддалася радіоактивному зараженню внаслідок Чорнобильської катастрофи»(791а-12) і інші нормативні акти.

Необхідно зазначити, що українське законодавство передбачає що цивільний захист є системою заходів, які мають за мету запобігання та ліквідації надзвичайних ситуації техногенного, природного та військового характеру [7, с.99].

Таким чином, як міжнародні так і внутрішні норми визначають сферу дії цивільної оборони досить широко як у мирний, так й у воєнний час, а також під час підготовки й здійснення антите-

рористичних операцій (Закон України «Про боротьбу з тероризмом» (638-4)) [7, с.26].

Серед основних цілей міжнародного гуманітарного права особливе місце займають норми спрямовані на захист прав людини, кількісні і якісні обмеження зайвих жертв, страждань і руйнувань. Тому цілком логічно не тільки виділення функцій цивільної оборони, але й надання певних прав і гарантій організаціям і персоналу цивільної оборони:

1. Визначення термінів «персонал, установи, транспорт цивільної оборони» призначені для виконання завдань цивільної оборони [1, с.256].

2. Особливий захист установ і персоналу цивільної оборони [6, с.17,45,59,61,62,86,113].

3. Цивільна оборона може використати відмітні сигнали й має міжнародний загально визнаний відмітний знак: рівносторонній темно-синій трикутник на жовтогарячому тлі. Один з кутів трикутника повинен бути спрямований вертикально нагору, жоден з кутів трикутника не повинен торкатися краю фона, його розміри повинні бути такими як цього вимагають обставини. Знак може освітлюватися або світитися, а також виготовлятися з матеріалів, що дозволяють розрізнити його за допомогою технічних засобів спостереження. [8].

Висновки. Виходячи з вищевикладеного можна зробити наступні висновки:

1. Цивільна оборона є важливим інститутом міжнародного гуманітарного права й відповідно передбачена внутрішнім законодавством України яке не має протиріч із міжнародними нормами.

2. Перед організаціями цивільної оборони стоять гуманітарні завдання. Вони покликані захищати цивільної населення від небезпек і допомогти йому усунути безпосередні наслідки воєнних дій або лиха, а також створити умови, необхідні для його виживання (система оповіщення, евакуація, будівництво притулків, боротьба з пожежами, рятувальні роботи, медичне обслуговування, психологічна допомога, налагодження комунальних служб).

3. У теперешній час сфера застосування цивільної оборони розширюється, оскільки:

- спостерігається зростання ймовірності й руйнівних наслідків природних і техногенних катастроф;

- у сучасних конфліктах кількість цивільних втрат і біженців постійно збільшується;
- негативна тенденція прагнення до підвищення ефективності військового або терористичного нападу шляхом впливу на найбільш доступну мету - цивільні особи й об'єкти;
- можливе використання зброї масового ураження, нових видів озброєнь, природного середовища в збройних конфліктах і терористичних актах;
- участь сил і засобів цивільного захисту (МНС) в антитерористичних операціях і заходах щодо демілітаризації й утилізації зброї й боєприпасів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Женевские конвенции от 12 августа 1949г. и дополнительные протоколы к ним – М.: МККК, 1994. – 320с.
2. Климчук Ю.В. Система принципів міжнародного гуманітарного права: Автореферат дисертації кандидата юридичних наук: 12.00.11/Національна юридична академія України імені Ярослава Мудрого.-Харків, 2003.-20с.
3. Черкес М.Ю. Міжнародне право: Підручник – 4-те видання, випр. і доп. – К.: Знання, 2004. – 292с.
4. Общественный прогресс и современные проблемы защиты мира / В.И. Полурез, А.П. Бутенко и др. – К.: Вища школа, 1987. – 240с.
5. Антипенко В.Ф. Борьба с современным терроризмом: международно-правовые подходы. К.: Юнона – М, 2002.-723 с.
6. Мулинен Ф. Право войны. Руководство для вооруженных сил. – М.: МККК, 1993. – 326с.
7. Законодавство України з питань військової сфери. Збірник законів та інших нормативно-правових актів. Книга друга.-К.: „Азимут - Україна”. – 2005. – 488 с.
8. Основные положения Женевских Конвенций и Протоколов к ним. – М.: МККК, Наука, 1994. – 62 с.

*Ковалев П.А., канд. техн. наук, зам. нач. каф., УГЗУ,
Стрелец В.М., канд. техн. наук, доц., УГЗУ,
Нередков Р.А., нач. уч. центра ГУМНСУ в Луганской обл.*

ОСОБЕННОСТИ ОБОСНОВАНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ НОРМАТИВОВ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

(представлено д-ром техн. наук Лариным А.Н.)

Показано, что при обосновании нормативов для оценки уровня подготовленности спасателей в конкретном регионе целесообразно использовать результаты профессионально ориентированных соревнований. Отмечается целесообразность использования свойств нормального распределения для получения нормативных оценок комплексных практических занятий, присущих конкретному региону

Постановка проблемы. Отсутствие комплексных нормативов, отражающих специфические условия конкретного гарнизона, а также появления в подразделениях новых образцов пожарной и аварийно-спасательной техники, затрудняет объективную оценку уровня подготовленности спасателей.

Анализ последних исследований и публикаций. В [1] в качестве норматива рассматривается сопоставительная норма, которая в своей основе имеет сравнение людей, принадлежащих к одной и той же совокупности, и предлагается использовать для расчета нормативных оценок статистические характеристики нормального распределения времени выполнения контрольного задания.

Однако при этом не учитывается то, что может быть разное количество хороших и удовлетворительных оценок, а распределение времени выполнения простых операций является, как правило, скошенным [2]. Эти замечания устраняются в [3], где отмечено, что в процессе разработки сопоставительной нормы фактически задаются оценки вероятности выполнения рассматриваемого задания в установленное время, а также показано, что искомые нормы времени боевого развертывания можно найти, используя значения обратной функции β -распределения для простых вариантов и обратной функции Φ^{-1} стандартного нормального распределения – для сложных.

Однако как для первого, так и для второго подхода характерным недостатком является возможность заведомого увеличения испытуемыми времени выполнения рассматриваемого задания, по результатам которого вычисляются статистические характеристики.

Постановка задачи и ее решение. Исходя из этого, была поставлена задача разработки метода, компенсирующего фактор возможного ухудшения результатов некоторыми испытуемыми, для обоснования комплексных нормативов.

В основу предлагаемого метода было положено предложение о получении исходных данных для статистического анализа по результатам проведения соревнований между испытуемыми.

В качестве примера были проанализированы результаты выполнения комплексных контрольных заданий в ходе соревнований на лучшее звено ГДЗС в УГЗУ, а также в ГУ МЧС Украины в Харьковской, Донецкой и Луганской областях. Для примера на рисунке приведена гистограмма распределения времени выполнения такого задания во время соревнований в 2005 году в УГЗУ.

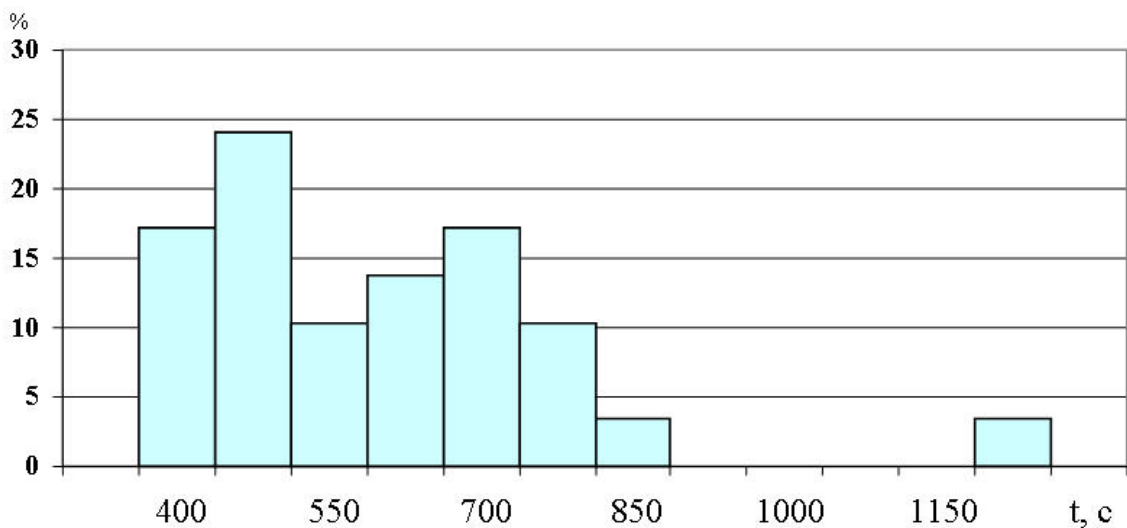


Рис. – Гистограмма распределения времени выполнения задания

Анализ полученных результатов показал, что рассматриваемые распределения могут иметь как несколько вершин, так и «выбросы».

Наличие двух вершин на гистограмме распределения (см. рис.) может быть объяснено формированием во время соревнований группы лидеров, претендующих на победу, а наличие резуль-

татов, которые резко отличаются от остальных в худшую сторону - как неподготовленностью участников, так и излишней напряженностью, связанной со стремлением показать как можно лучший результат [1].

В качестве аномальных результатов, которые резко отличаются в худшую сторону, предлагается принимать значения t_j , которые удовлетворяют неравенству

$$t_j - (t_{\min} + 6 \cdot G') \geq 0, \quad (1)$$

где t_{\min} – лучший результат, показанный во время соревнований, с; G' – среднеквадратическое отклонение времени выполнения рассматриваемого задания до исключения аномальных результатов, с.

После отброса аномальных значений проверка по (1) повторяется до тех пор, пока оно не перестанет выполняться.

Исходя из того, что для комплексного практического задания характерно наличие достаточно большого количества разнообразных операций, которые могут выполняться как последовательно, так и параллельно, в соответствии с центральной предельной [4] теоремой можно считать, что закон распределения времени боевого развертывания будет нормальным независимо от закона распределения времени выполнения отдельных операций. Это позволяет использовать известное выражение [4] для определения вероятности попадания случайной величины в заданный интервал:

$$\hat{P}_5 = P(t \leq t_5) = \Phi\left(\frac{t_5 - \bar{t}_{\sigma p}}{G}\right), \quad (2)$$

$$\hat{P}_4 = P(t_5 < t \leq t_4) = \Phi\left(\frac{t_4 - \bar{t}}{G}\right) - \Phi\left(\frac{t_5 - \bar{t}}{G}\right) = \Phi\left(\frac{t_4 - \bar{t}}{G}\right) - \hat{P}_5, \quad (3)$$

$$\hat{P}_3 = P(t_4 < t \leq t_3) = \Phi\left(\frac{t_3 - \bar{t}}{G}\right) - \Phi\left(\frac{t_4 - \bar{t}}{G}\right) = \Phi\left(\frac{t_3 - \bar{t}}{G}\right) - \hat{P}_5 - \hat{P}_4, \quad (4)$$

где $\hat{P}_{5(4,3)}$ – средневзвешенная [5] оценка доли тех результатов, которые предполагается оценить на «отлично» («хорошо», «удовлетворительно»); $t_{5(4,3)}$ – значение времени выполнения комплексного задания, при достижении которого норматив может быть оценен

на «отлично» («хорошо», «удовлетворительно»), с; \bar{t}, G – математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение времени выполнения комплексного задания, с; $\Phi\left(\frac{t_{5(4,3)} - \bar{t}_{\text{бр}}}{G}\right)$ – соответствующее значение функции стандартного нормального распределения.

При этом, учитывая свойства нормального распределения [4], значения математического ожидания и среднее квадратическое отклонения находятся следующим образом

$$\bar{t} = t_{\min} + \frac{t_{\max} - t_{\min}}{2}; \quad (5)$$

$$G \approx \frac{t_{\max} - t_{\min}}{6}, \quad (6)$$

где t_{\max} – худший результат, оставленный после исключения аномальных, с.

Используя значения обратной функции Φ^{-1} стандартного нормального распределения, порядок искомой нормативной оценки времени выполнения комплексного задания определяется как

$$t_5 = \bar{t} + G \cdot \Phi^{-1}(\hat{P}_5); \quad (7)$$

$$t_4 = \bar{t} + G \cdot \Phi^{-1}(\hat{P}_4 + \hat{P}_5); \quad (8)$$

$$t_3 = \bar{t} + G \cdot \Phi^{-1}(\hat{P}_3 + \hat{P}_4 + \hat{P}_5). \quad (9)$$

Окончательные значения нормативов устанавливаются с учетом соображений кратности и запоминаемости [1].

Выводы. Показано, что в процессе обоснования нормативов для оценки комплексных контрольных заданий, отражающих практическую работу обучаемых, целесообразно обработать результаты проведения профессионально ориентированных соревнований. При этом, рассчитывая нормативы с помощью значений обратной функции стандартного нормального распределения, параметры последнего предлагается после исключения аномальных

результатов находить, используя свойства нормального распределения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Спортивная метрология. Учебник для ин-тов физ. культ./ Под ред. В.М.Зациорского. – М.: ФиС, 1982. – 256 с.
2. В.М. Стрелец, П.А. Ковалев. Особенности представления исходных данных при имитационном моделировании деятельности личного состава пожарной охраны.// Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр. – Харьков: ХИПБ, 1997.- с.50-53.
3. В.М. Стрелец, В.Б. Грицай. Статистический метод обоснования нормативов боевого развертывания пожарно-технического вооружения. – Право і безпека. – 2002. – № 1. – с.165-171
4. Е.С. Вентцель. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1962. – 564 с.

УДК 331.101

*Ковалев П.А., канд. техн. наук, зам. нач. каф., УГЗУ,
Щербак С.Н., преп., УГЗУ,
Гусяков В.М., магистр, УГЗУ*

ОСОБЕННОСТИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ВЫСОТЕ В ИЗОЛИРУЮЩИХ АППАРАТАХ

(представлено д-ром техн. наук Куценко Л.Н.)

Показано, что при проведении аварийно-спасательных работ на высоте распределение времени выполнения операций, которые не относятся к экстремальным, является, как правило, скошенным, а операций, которые являются экстремальными, при хорошем уровне подготовленности – двухвершинным

Постановка проблемы. Способность личного состава проводить аварийно-спасательные работы на высоте в изолирующих аппаратах существенно расширяет оперативно-тактические возможности задействованных подразделений [1]. Однако такие работы имеют свои закономерности, которые до настоящего времени

не учитывались ни штабом по ликвидации чрезвычайной ситуации, ни руководством подразделений в ходе организации профессиональной подготовки спасателей.

Анализ последних исследований и публикаций. показал, что это связано с тем, что работа людей на высоте рассматривается, как правило, применительно к альпинизму. Соответственно, в [2,3], где даются рекомендации по совершенствованию деятельности в горной местности, основное внимание уделено специальному снаряжению и разнообразным узлам, а в [4,5], где рассматриваются вопросы промышленного альпинизма, - использованию конструктивных элементов строительных и других конструкций для закрепления спасательного и страховочного снаряжения. Такая деятельность ориентирована на персонал, для которого спасательные работы на высоте являются профессиональными обязанностями, или же, как это имеет место с альпинистами, профессиональным увлечением. Однако, в большинстве случаев проведением аварийно-спасательных работ на высоте, в том числе связанных со спасением пострадавших вдоль наружных стен многоэтажных зданий, занимается личный состав пожарно-спасательных подразделений, для которого такой вид деятельности является не самым частым.

Эффективность использования конкретных технических решений (тросовых метательных устройств, коленчатых подъемников и т.д.) применительно к проведению спасательных работ подразделений пожарной охраны на высотных зданиях рассмотрена в [6,7], однако там не акцентировано внимание на то, как выполняется та или иная конкретная операция, особенно если спасателям необходимо быть в изолирующих аппаратах.

В [8] приведен анализ работы звеньев газодымозащитной службы (ГДЗС) при тушении пожаров или проведении спасательных работ вдоль наружных стен многоэтажных зданий. Исследуемый процесс рассматривается в виде соответствующего алгоритма. Показана принципиальная возможность его реализации с помощью имитационной модели. Однако непосредственные результаты проведения аварийно-спасательных работ на высоте не рассматривались.

Целесообразность обучения пожарных расширенному количеству способов решения одной и той же задачи отмечена в [9], однако и там особенности выполнения отдельных операций не рассмотрены.

Применительно к боевому разворачиванию и тушению пожаров в подвальных и цокольных этажах такие закономерности приведены в [10]. Их анализ показал, что за основу изучения особенностей аварийно-спасательных работ на высоте можно взять подход, в основе которого лежит анализ скошенности распределения времени выполнения конкретной операции.

Постановка задачи и ее решение. Для раскрытия закономерностей работы личного состава пожарно-спасательных подразделений МЧС в изолирующих аппаратах при проведении аварийно-спасательных работ на высоте были проанализированы распределения времени выполнения отдельных операций, которые выполняет звено ГДЗС в случае спасения пострадавших с четвертого этажа, когда пути подъема на этаж по маршевым лестницам отрезаны огнем.

В связи с последним условием звено двигается в окно четвертого этажа по штурмовым лестницам, подвешенным «цепью». Перед личным составом ставится задача: провести отыскание и эвакуацию пострадавших с четвертого этажа. Личный состав работает в изолирующих аппаратах. При такой последовательности решения поставленной задачи ограничения, связанные с использованием четырехэтажного здания, существенно ослабляются, а полученные предложения могут использоваться и для подготовки звеньев ГДЗС к работам на этажах, до которых не достают существующие автолестницы.

Решение вводной представляло собой последовательное выполнение следующих этапов:

- подготовка звена к работе;
- подъем по штурмовой лестнице, подвешенной «цепью» в окно четвертого этажа;
- страховка пострадавшего в сознании;
- спуск пострадавшего в сознании со страховкой;
- отыскание пострадавшего в условиях полной невидимости;
- страховка пострадавшего без сознания;
- спуск пострадавшего без сознания;
- спуск звена с уборкой лестниц.

Полученные экспериментальные данные были обработаны с помощью стандартных статистических методов и некоторые из них в обобщенном виде приведены на рисунках 1÷3.

Анализ полученных результатов показал, что, как правило (исключение составлял случай, отраженный на рис. 3), распреде-

ления времен выполнения характеризуются наличием одной вершины и скошенностью. По величине показателя последней

$$Sk_j = \frac{1}{n \cdot G_j^3} \cdot \sum_{i=1}^n (x_{ji} - \bar{x}_j)^3, \quad (1)$$

(где n – число независимых опытов, x_{ji} – результат i -го измерения j -го параметра, \bar{x}_j , G_j – соответственно оценка его математического ожидания и среднеквадратического отклонения) можно судить об уровне подготовленности личного состава пожарно-спасательных подразделений, исходя из того, что распределение времени выполнения операций, к выполнению которых спасатели подготовлены хорошо, имеет положительную скошенность, а к выполнению которых недостаточно – отрицательную [10].

Так, видно, что среди тех операций, на сокращение времени выполнения которых следует обратить особое внимание, следует выделить подготовку звена к работе (оснащение его средствами страховки и спасания пострадавших, связи, специальным вооружением, выполнение боевой проверки и т.д.).

Разброс времени выполнения этой операции в ходе экспериментов по исследованию особенностей работы на высоте (см. сплошную линию на рис. 1) был очень большим (от трех до семи с половиной минут), а сама операция, при всей ее кажущейся второстепенности, занимала до 20% продолжительности решения вводной звеньями. В то же время, когда личный состав хорошо знает все свои действия, связанные с подготовкой к работе (подготовка звена ГДЗС к работе в теплодымокамере), основное внимание может быть уделено другим операциям. Эксперименты показали, что необходимо повысить внимание подготовке постового на посту безопасности, расширению его обязанностей на начальном этапе работы звена.

Сравнение распределений времени подъема звена в окно четвертого окна (см. сплошную линию на рис.2) и времени выполнения завершающей операции рассмотренного процесса (спуска с уборкой лестниц) (см. штриховую линию на рис.2) показало: в первом случае скошенность распределения была положительной (это свидетельствует о том, что все участвовавшие в эксперименте были достаточно координированными, сильными и профессионально подготовленными), а во втором – отрицательной. Учитывая это,

сделан вывод о необходимости обратить особое внимание совершенствованию выносливости спасателей.

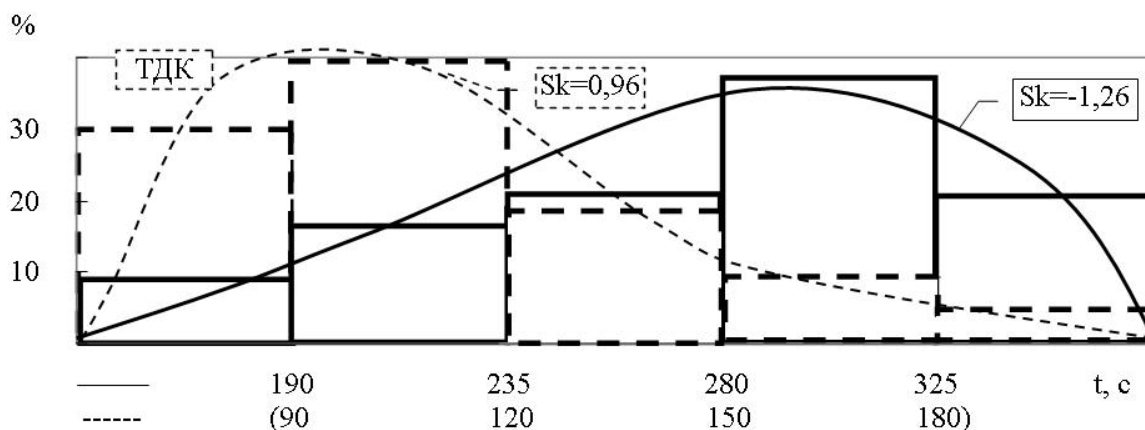


Рис. 1 – Распределение времени подготовки звена

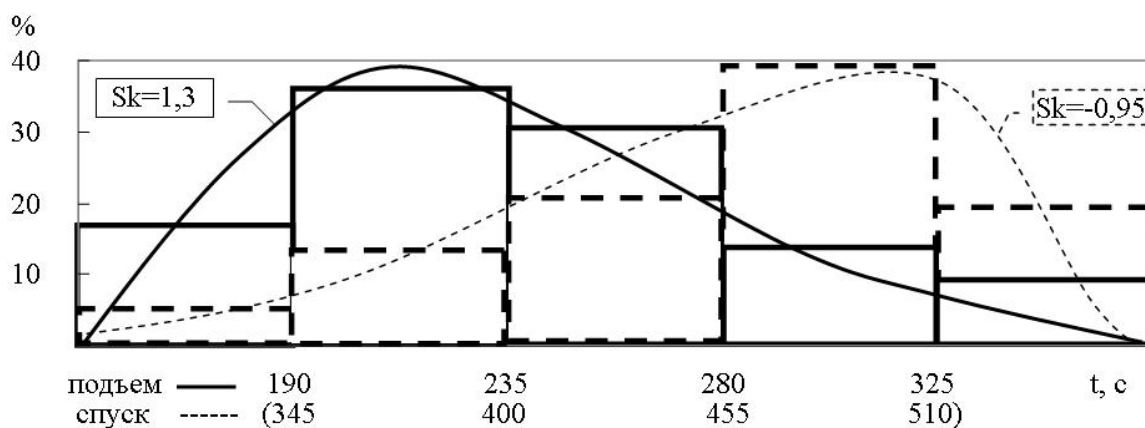


Рис. 2 – Распределение времени подъема (спуска) звена

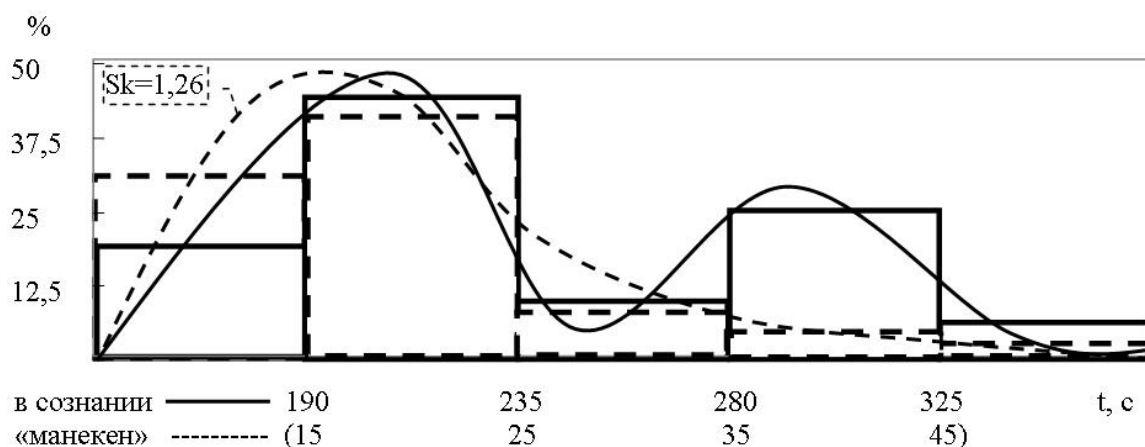


Рис. 3 – Распределение времени страховки пострадавшего

Учитывая соображения, приведенные в [10], можно считать, что для описания одновершинных скошенных распределений времени выполнения отдельных спасательных операций на высоте целесообразно использовать β -распределения, параметры которого не представляет особой сложности определить, используя пакеты стандартных статистических программ.

В то же время, особо необходимо рассматривать случай (см. рис.3), когда спасатели выполняют экстремально насыщенную операцию (страховка пострадавшего в сознании перед его спуском вдоль наружной стены многоэтажного здания с помощью спасательной веревки).

В частности, характерной особенностью распределения времени выполнения психологически насыщенных операций (связывание спасательной петли на человеке, который после этого будет эвакуироваться с помощью спасательной веревки вдоль наружной стены) хорошо подготовленным личным составом (норматив выполнения аналогичной операции, распределение времени осуществления которой приведено штриховой линией на рис. 3, у большинства спасателей отрабатывается на хорошую и отличную оценку) является наличие двух вершин (см. сплошную линию на рис. 3).

Анализ полученных результатов показал, что у некоторых испытуемых (порядка 10-20%) нестандартная экстремальная ситуация резко ухудшает результаты выполнения даже хорошо отработанных в ходе подготовки специальных тактических приемов, не говоря уже о тех операциях, порядок выполнения которых придется выбирать самостоятельно, исходя из конкретной обстановки.

В частности, в руководящих документах и методических рекомендациях отсутствуют указания о том, как осуществлять спуск пострадавшего в сознании. Проведенные эксперименты показали, что даже специалисты, которые выступали в роли пострадавших в сознании, выбирали только "спуск пострадавшего в сознании в сопровождении спасателем", выполнение которого не предусмотрено в Наставлении по пожарно-строевой подготовке. При этом некоторые из них предпочитали страховку не с помощью двойной спасательной петли, принятой в пожарной охране, а с помощью спасательной петли, используемой альпинистами. Из этого следует, что необходимо создать систему обучения новым приемам работы, которая должна обеспечить личному составу возможность выбора наилучшего (исходя из конкретной ситуации: психологи-

ческой, тактической и т.д.) варианта решения той или иной вводной.

Проведенные расчеты, основе которых лежало вычисление критерия Колмогорова, показали, что в случае, когда имеет место двухвершинное распределение, с 10%-ным уровнем значимости его можно представить в виде суммы двух независимых распределений

$$f(t) = \begin{cases} \frac{(t - t_{1\min})^{\alpha_1 - 1} \cdot (t_{1\max} - t)^{\beta_1 - 1}}{(t_{1\max} - t_{1\min})^{\alpha_1 + \beta_1 + 1} \cdot B(\alpha_1, \beta_1)} & \text{при } t_{1\min} \leq t < t_{1\max}; \\ \frac{(t - t_{2\min})^{\alpha_2 - 1} \cdot (t_{2\max} - t)^{\beta_2 - 1}}{(t_{2\max} - t_{2\min})^{\alpha_2 + \beta_2 + 1} \cdot B(\alpha_2, \beta_2)} & \text{при } t_{1\max} = t_{2\min} \leq t \leq t_{2\max}; \\ 0 & \text{при } t \leq t_{1\min}, t \leq t_{2\max}. \end{cases} \quad (2)$$

где $\alpha_{1(2)}, \beta_{1(2)}$ - параметры β -распределений, составляющих общее распределение; $B(\alpha_{1(2)}, \beta_{1(2)})$ – соответствующие β -функции Эйлера; $t_{1(2)\min}, t_{1(2)\max}$ – минимальное и максимальное время выполнения соответствующей составляющей общего распределения, с.

Это позволяет считать, что на время выполнения рассматриваемой операции влияет два независимых фактора: подготовленность личного состава и экстремальность ситуации.

Выводы:

- при проведении аварийно-спасательных работ в изолирующих аппаратах на высоте утверждение о том, что положительная скошенность характеризует хороший уровень подготовленности, не относится к операциям, которые выполняются в экстремальных условиях;
- характерной особенностью выполнения психологически насыщенных операций хорошо подготовленным личным составом является двухвершинность распределения соответствующего времени. Такое распределение с 10%-ным уровнем значимости может рассматриваться как сумма двух независимых β -распределений;
- перспективным направлением является использование параметров двухвершинного распределения в процессе профессионального отбора и подготовки спасателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пожежна тактика. Підручник / Ключ П.П., Палюх В.Г., Пустовой А.С., Сенчихін Ю.М., Сировой В.В. - Х.: Основа, 1998. – 592 с.
2. В.С. Кузнецов. Учебное пособие по освоению навыков выполнения высотно-верхолазных работ с применением специальной оснастки и страховочных средств. – Симферополь: Таврия, 2004. – 236 с.
3. В.С. Кузнецов. Учебное пособие по освоению навыков выполнения высотно-верхолазных работ в безпорном пространстве с применением специальной оснастки и страховочных средств. – Симферополь: Таврия, 2005. – 384 с.
4. А.И. Гофштейн, А.И. Мартынов. Промальп в ответах на вопросы. – М.: ТВТ Дивизион, 2005. – 112 с.
5. М.І. Адаменко, О.В. Гелета, М.М. Тимошенко. Аварійно-рятувальні та аварійно-відбудовні роботи./ Практичний посібник. – Харків, ВБФ ХДТУБтаА, 2002. – 80 с.
6. Сенчихин Ю.Н. Экспериментальное исследование нетрадиционных пожарно-спасательных средств // Актуальные вопросы философии науки и современных технологий: Вестник ХГУ 388. - Харьков ХГУ, 1997. - с.103-104
7. Голендер В.А., Пустовой А.С., Сенчихин Ю.Н. Тактические и технико-экономические аспекты применения автоподъемников при спасении людей и тушении пожаров // Повышение эффективности строительства: Тез. докл. 48-й науч.-техн. конф. - Харьков: ХИСИ. 1993. - с.198.
8. Стрелец В.М., Ковалев П.А. Алгоритм моделирования деятельности газодымозащитников при работе на высоте.// Актуальні питання філософії науки і сучасні технології. Збірник наукових статей. Вісник Харківського державного університету №388. – Харків, ХДУ, 1997. – С.252-254
9. Аветисян В.Г., Стрелец В.М., Данильченко В.А., Ковалев П.А. Особенности подготовки газодымозащитников для эвакуации людей при пожаре с этажей здания.// Пожарная безопасность-95: Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции. – М.: ВНИИПО МВД России, 1995. – С.84-86
10. Стрелец В.М., Ковалев П.А. Особенности представления исходных данных при имитационном моделировании деятельности личного состава пожарной охраны.// Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр. – Харьков: ХИПБ, 1997.- с.50-53.

Коленов О.М., викл., УТЗУ

ОСОБЛИВОСТІ ПІДГОТОВКИ ОСОБОВОГО СКЛАДУ ПІДРОЗДІЛІВ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНОЇ СЛУЖБИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

(представлено д-ром фіз.-мат. наук Яковлевим С.В.)

Розглядаються проблемні питання проведення службової підготовки працівників органів управління та підрозділів МНС України. Аналіз проведення службової підготовки проводився на базі ГУ МНС України в Харківській області

Постановка проблеми. У зв'язку з реорганізацією Державної пожежної охорони у Оперативно-рятувальну службу цивільного захисту (далі ОРС) постала проблема проведення процесу навчання особового складу підрозділів. Після проведення реорганізації відбулось поширення кола завдань, поставлених перед підрозділами: крім галузі пожежної безпеки прибавились завдання щодо цивільного захисту. Відповідно обов'язки працівників ОРС поширились, відбулась зміна типових навчальних планів, щодо проведення службової підготовки. Але це все призвело до збільшення часу на її викладення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В [1] викладено порядок організації службової підготовки в апаратах та органах управління МНС України. Визначається види підготовки, які входять до складу службової підготовки, кількість годин протягом календарного та навчального року, що відводяться на проведення у навчальних групах. Протягом 2002-2005 років розробляються типові програми як Міністерством освіти [5], так і Міністерством надзвичайних ситуацій [4] щодо підготовки фахівців за напрямком цивільний захист. Загальна направленість тематики – проведення аварійно-рятувальних робіт при виникненні надзвичайної ситуації та порядок проведення робіт при виникненні надзвичайних ситуацій на радіаційних або хімічно-небезпечних об'єктах.

Постановка завдання та його вирішення. Розробити систему службової підготовки працівників органів управління підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту, з введенням в тематику службової підготовки матеріалу за напрямком цивільний захист. З узгодженням тематики, викладеної в Мі-

ністерських [4,5] типових тематичних планах, та встановленого часу на проведення службової підготовки.

Структура службової підготовки [1] включає в себе функціональну, тактичну, психологічну, фізичну та загально профільні підготовки. Час що виділяється на проведення службової підготовки строго регламентовано. Розглядаючи, як, приклад, організацію службової підготовки у підрозділах ОРС, встановлено, що [1] на проведення занять відводиться 272 години щорічно: на проведення занять відводиться 246 годин щорічно (з них: 144 години з урахуванням вимог – 4 години на тиждень протягом 9 та додаткових 12 годин на проведення занять з фізичної (загальної та спеціальної) підготовки у літні місяці; 90 годин відповідно до пункту – згідно розпорядку дня.

Начальники органів або підрозділів несуть персональну відповідальність за організацію проведення службової підготовки з підпорядкованим особовим складом [1]. Та їм надається право самостійно проводити перерозподіл до 20% часу за всіма видами підготовки, в межах рекомендованої тематики занять при зміні оперативно-тактичної обстановки, постановки на озброєння нового обладнання, поширення або зміні завдань, які поставлені перед підрозділом.

Аналізуючи організацію проведення службової підготовки в ГУ МНС України в Харківській області [2,3], було встановлено, що протягом 2 років проводилась зміна не тільки тематики певних розділів по напрямкам, але й поява або виключення видів підготовок з рекомендованого тематичного плану.

Розглянемо детально зміни в організації службової підготовки за два останніх навчальних роки (див. табл. 1).

На основі даних, які викладені в таблиці 1, можна визначити:

1. У 2005-2006 році виключені наступні види підготовок: цивільний захист та безпека праці.

2. Відбувається зміна часу на викладення окремих видів підготовок. Так, час викладення на технічну підготовку зменшується на 4 години, медичну – 7 годин. Після скорочення цивільного захисту та безпеки праці – з'являються вільні 18 навчальних годин. Шляхом скорочення годин та виключення певних видів підготовок з'являються вільні 29 навчальні години.

3. У 2005-2006 році з'являються наступні види підготовок: мобілізаційна, протипожежна, рятувальна, із радіаційного, хімічного, біологічного захисту, із зв'язку та піротехнічної підготовки.

4. При введенні восьми нових видів підготовки, тільки мобілізаційна проводиться за окремим планом, тобто часи на її викладення в календарний план службової підготовки не внесено. На інші види підготовок виділяється час від трьох до десяти годин. Так перевищення ліміту часу, від встановлених 256, становить вже 42 години.

Таблиця 1 – Розподіл навчального часу за видами підготовки для проведення занять з особовим складом чергових караулів

№ з/п	Вид підготовки	Кількість запланованих годин	
		2004-2005 н.р.	2005-2006 н.р.
1	Функціональна підготовка	20	20
2	Тактична підготовка	72	72
3	Психологічна підготовка	20	20
4	Гуманітарна підготовка	За окремим планом	
5	Мобілізаційна підготовка	-	За окремим планом
6	Загально – профільна підготовка	42	42
7	Технічна підготовка	12	7
8	Медична підготовка	12	4
9	Протипожежна підготовка	-	10
10	Рятувальна підготовка	-	10
11	Цивільний захист	8	виключено
12	Підготовка із радіаційного, хімічного, біологічного захисту	-	4
13	Підготовка із зв'язку	-	4
14	Піротехнічна підготовка	-	3
15	Безпека праці	10	виключено
16	Фізична загальна та спеціальна підготовка	102	102
Всього		256	256

Особливості підготовки особового складу підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту

Проведення змін календарного плану призвело до проведення змін у типових тематичних планах [3], що розсилаються до окремого підрозділу.

Проведемо аналіз типового тематичного плану на 2005-2006 (див. табл. 2) навчальний рік, по окремим видам підготовки.

Таблиця 2 – Типовий тематичний план службової підготовки підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту ГУ МНС України в Харківській області

1. Протипожежна підготовка

№ з/п	Назва теми	Кількість годин		
		Теорія (год)	Прак-тика	Усього (гол)
1	2	3	4	5
1.	Організація пожежно-рятувальних робіт в Україні.	1		1
2.	Управління повсякденною діяльністю пожежно-рятувальних підрозділів.	1		1
3.	Пожежна тактика і її завдання. (Так. під.)	1		1
4.	Основи організації управління пожежно-рятувальними підрозділами під час гасіння пожеж. (Так. під.)	2		2
5.	Дії особового складу пожежно-рятувальних підрозділів під час рятування людей. Заходи безпеки.	3		3
6.	Тактичні прийоми і способи гасіння пожеж. (Так. під.)	1	1	2
7.	Основні прийоми роботи з пожежною технікою і обладнанням.	1	1	2
8.	Особливості гасіння пожеж в різних умовах і на різних об'єктах.	2		2
9.	Взаємодія пожежно-рятувальних підрозділів із іншими підрозділами та службами цивільного захисту щодо гасіння пожеж, ліквідації надзвичайних ситуацій різного характеру.	2		2

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5
10.	Особливості підготовки особового складу пожежно-рятувальних підрозділів.	2	2	4
	Усього:	16	4	20

2. Рятувальна підготовка

№ з/п	Назва теми	Кількість годин		
		Теорія (год)	Практика (год)	Усього (год)
1	2	3	4	5
1.	Організація аварійно-рятувальних робіт в Україні. (Так. під.)	1		1
2.	Управління повсякденною діяльністю аварійно-рятувальних підрозділів.	2		2
3.	Основи організації пошуково-рятувальних робіт у зоні надзвичайної ситуації.	1	1	2
4.	Основи управління силами і засобами під час ведення аварійно-рятувальних робіт з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій різного характеру.	2		2
5.	Сили і засоби, які залучаються до проведення рятувальних та інших невідкладних робіт.	1		1
6.	Способи проведення аварійно-рятувальних робіт в осередках надзвичайних ситуацій різного характеру. Способи рятування людей із завалених сховищ, з-під завалів та з верхніх поверхів споруд.	2		2
7.	Дії рятувальників під час ведення аварійно-рятувальних робіт під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру. (Так. під.)	4	1	5

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5
8.	Забезпечення аварійно-рятувальних підрозділів для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру	2	1	3
9.	Особливості підготовки особового складу аварійно-рятувальних підрозділів.	1		1
10.	Міжнародні організації попередження і ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.	1		1
	Усього:	17	3	20

3. Підготовка із радіаційного, хімічного, біологічного захисту

№ з/п	Назва теми	Кількість годин		
		Теорія (год)	Практика (год)	Усього (год)
1	2	3	4	5
1.	Система організація радіаційного, хімічного та біологічного захисту особового складу і населення. (Цив. зах)	1		1
2.	Сильнодіючі отруйні речовини. Класифікація отруйних речовин.	2		2
3.	Небезпечні хімічні речовини. Радіаційна безпека.	1		1
4.	Технічні засоби радіаційної та хімічної розвідки і дозиметричного контролю. Порядок експлуатації та технічне обслуговування. (Тех.. під.)	2		2
5.	Радіаційний, хімічний та біологічний захист особового складу в умовах ліквідації надзвичайних ситуацій. (Цив. зах)	2	1	3
6.	Засоби індивідуального та колективного захисту. (Цив. зах)	2	1	3
7.	Знезаражування місцевості, споруд, обмундирування, засобів захисту тощо.	2		2

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5
8.	Спеціальна обробка озброєння, техніки, санітарна обробка особового складу. (Цив. зах)	2	1	3
9.	Основи екологічної безпеки	1		1
10.	Металева ртуть. Характеристика та властивості. Порядок та методи проведення дедмеркуразації	1		1
11.	Метеозабезпечення в системі цивільного захисту	1		1
	Усього:	17	3	20

З вище викладеного можна зробити висновок, що нові види підготовок складаються не тільки з нового навчального матеріалу, а й з матеріалу який вже викладався. Тематика, що повинна викладатись, не дає повного та чіткого уявлення щодо майбутнього напрямку проведення бойових робіт. Кількість годин, винесених на практичні заняття не дозволяють достатньо опанувати матеріал, набути практичних навичок.

При плануванні в структурі службової підготовки нових видів підготовок необхідно визначити: мету і завдання навчання, провести аналітичну роботу, щодо визначення актуальності проведення даного виду навчання, окреслити зміст навчального матеріалу, підібрати науковий матеріал, який слухачі повинні засвоїти, та певні практичні вміння та навички, якими вони повинні оволодіти за час навчання, перевірити відповідність навчально-матеріальної бази.

Висновки.

1. При проведенні змін в типовому тематичному плані службової підготовки з більш глибоким розкриттям напрямку цивільний захист бажаного результату – повноти отримання знань та вмінь, досягти неможливо.

2. Зміна типового тематичного плану призводить до зміни календарного плану. Збільшується кількість годин на службову підготовку, без урахування гуманітарної та мобілізаційної підготовки, кількість часу збільшується на 42 години, це практично 11 днів (проведення занять з службової підготовки протягом 4 годин на день). З урахуванням графіку чергувань, кількості вихідних та

Особливості підготовки особового складу підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту

святкових днів, планових робіт, заходів згідно розпорядку дня навчального року може прирівнюватись до календарного.

3. При проведенні розробки (корегуванні) тематичних планів необхідно більш детально вивчати розроблені міністерські [4,5] програми та запозичувати найкраще.

Перспективним напрямком роботи, щодо організації навчального процесу, по напрямку цивільний захист, є централізована організація цього процесу, з розробкою, Міністерством з надзвичайних ситуацій, календарних планів та типових тематичних планів. З корегуванням кількості годин, посадовими особами на місцях, що відповідають за організацію службової підготовки, в залежності від оперативного-тактичної обстановки та завдань, що поставлені перед підрозділом.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тимчасова настанова з організації професійної підготовки працівників органів управління та підрозділів МНС України, затверджена наказом МНС України від 27.11.2003 р.
2. Наказ ГУ МНС України в Харківській області № 359 від 17.08.2005 р. «Про стан професійної підготовки за минулий навчальний рік та її організацію в 2005-2006 навчальному році».
3. Наказ ГУ МНС України в Харківській області № 275 від 26.08.2004 р. «Про стан професійної підготовки особового складу апарату та підрозділів Головного управління за минулий навчальний рік та її організацію в 2004-2005 навчальному році»
4. Типовий навчальний план та програми професійно-технічного навчання за робітничою професією «Рятувальник» для підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України, затверджені наказом МНС України від 26.05.05 № 23.
5. Типова програма навчання працівників органів управління освітою і наукою, навчальних закладів, установ, організацій і підприємств галузі. Затверджена наказом Міністерства освіти і науки України №28 від 17.01.2002 року.

*Комяк В.М., д-р техн. наук, проф., УЦЗУ,
Радченко О.А., нач. сектора, УЦЗУ*

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ РОЗМІЩЕННЯ СХОВИЩ ЦИВІЛЬНОЇ ОБОРОНИ

В роботі розглянуто стан організації укриття населення в захисних спорудах цивільної оборони в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу. Здійснено постановку задачі розміщення сховищ цивільної оборони як задачі покриття області

Постановка проблеми. Одним із засобів забезпечення захисту і життєдіяльності населення в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу є укриття населення в захисних спорудах цивільної оборони (сховищах). Це основний і найбільш надійний спосіб захисту від усіх вражаючих факторів. Цей спосіб передбачає застосування системи захисних споруд, які відповідають можливому характеру обстановки і вимогам захисту різних категорій населення. Потреба в захисних спорудах визначається, виходячи з необхідності укриття всіх робітників та службовців за місцем їх роботи і за місцем проживання, усього непрацюючого населення – за місцем проживання. Особливе значення при цьому має швидкість заповнення захисних споруд людьми. Таким чином, проблема забезпечення населення необхідною кількістю захисних споруд, їх раціональне розміщення з метою мінімізації часу евакуації в них населення є актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вимоги до розміщення захисних споруд, їх об'ємно-планувальні та конструктивні вирішення наведені в [1, 2].

Постановка завдання та його вирішення. Сховищами називають захисні споруди герметичного типу, які забезпечують колективний захист від дії вражаючих факторів сучасної зброї, від впливу високих температур і продуктів горіння при пожежах, від отруйних речовин (ОР) і сильно діючих отруйних речовин (СДОР), від радіоактивних речовин і біологічних засобів. Вони повинні забезпечувати надійне укриття людей щонайменше протягом двох діб. Систему захисних споруд становлять сховища в категорійованих містах і на найважливіших об'єктах господарювання, протирадіаційні укриття (ПРУ) у некатегорійованих містах і сільській

місцевості, а також пристосовані для цієї мети метрополітени, підземні гірничі виробки, природні пустоти, найпростіші укриття у вигляді відкритих і перекритих щілин.

Сховища класифікуються: по захисним властивостям, місткості (кількості місць для сидіння та лежання), за місцем розташування, забезпеченням фільтровентиляційним обладнанням, термінами будівництва. Місткість сховищ по типовим проектам складає: 100, 150, 300, 450, 600, 750, 900, 1200, 1500, 1800 чоловік і більше.

Місткість ПРУ визначається сумою місць для сидіння і лежання (на верхніх ярусах) і приймається:

- 5 чоловік і більше в залежності від площі приміщень укриття, обладнаних в існуючих будинках і спорудах;
- 10-50 чоловік в укриттях, які швидко зводяться, що не використовуються в мирний час;
- 50 чоловік і більше в залежності від площі приміщень, що проектується і будуються, в нових будинках і спорудах, які використовуються в мирний час в інтересах суб'єктів господарської діяльності.

Розміщення захисних споруд здійснюється із розрахунку, що збір населення в ту чи іншу захисну споруду здійснюється з території радіусом 400м при забудові території багатоповерховими будинками і 500м при забудові території одноповерховими будинками.

В даній роботі необхідно здійснити постановку задачі визначення параметрів розміщення сховищ цивільної оборони для забезпечення укриття в них населення області, що розглядається. Під областю будемо вважати місто, або окремих район міста, чи сільську місцевість, які задаються множиною S_0 у просторі R^2 (арифметичний евклідовий простір). Множина S_0 у загальному випадку є неопуклою та багатозв'язною і являє собою φ - об'єкт [3]. Кожне сховище обслуговує область, яка у просторі R^2 є множиною S_i , $i = 1, \dots, n$. Таким чином необхідно визначити таке розміщення множин S_i , при котрому вони повністю покривають множину S_0 , тобто будь яка точка множини S_0 повинна належати певній підмножині S_i . При цьому необхідно забезпечити покриття множини S_0 мінімальною кількістю множин S_i .

Кожний φ - об'єкт S_i володіє визначеною просторовою формою, має задані метричні характеристики, займає положення в

просторі R^1 . Вказані характеристики задають так звану геометричну інформацію про φ - об'єкт.

В поняття геометричної інформації включається: сукупність просторових форм $\{s\}$; метричні характеристики $\{m\}$, які визначають розміри точкових множин, що мають форми з $\{s\}$; параметри $\{p\}$, які задають місцезнаходження точкових множин у відповідних просторах.

Тоді геометричну інформацію представляємо у вигляді:

$$g = (\{s\}, \{m\}, \{p\}).$$

Компоненти інформації g в нашому випадку визначається наступними елементами:

$$\{s\} = \{s_0, s_1, \dots, s_n\}; \{m\} = \{m_0, r_1, r_2\}; \{p\} = \{p_0, x_1, y_1, \dots, x_n, y_n\}.$$

де $S_i, i = 1, 2, \dots, n$ – коло; $x_i, y_i, i = 1, 2, \dots, n$ – параметри розміщення множин S_1, S_2, \dots, S_n відповідно; m_0 – метричні параметри S_0 ; p_0 – відповідно параметри розміщення S_0 ; r_1, r_2 – відповідні радіуси кіл S_1, S_2, \dots, S_n , значення яких 400 м або 500 м залежать від поверховості забудови області, що обслуговується тим чи іншим сховищем.

Інформація g утворює простір G^{3n+2} з елементами:

$$g = (m_0, r_1, r_2, \dots, r_n, p_0, x_1, y_1, \dots, x_n, y_n).$$

Здійснимо відображення A інформації g наступним чином:

$$g_* = Ag = (\{S_0 \cap [S_1 \cup S_2 \cup \dots \cup S_n]\}, \{m_0, r_1, r_2, \dots, r_n\}, \{p_0, x_1, y_1, \dots, x_n, y_n\}). \quad (1)$$

В результаті отримуємо інформацію $g_* \in G^{3n+2}$, що у просторі R^2 утворює множини вигляду $S_0 \cap \left[\bigcup_{i=1}^n S_i \right]$ при різних значеннях параметрів розміщення p_i , тобто в результаті перетворення інформації синтезується певна геометрична структура.

Таким чином, задача покриття множини S_0 множинами S_1, S_2, \dots, S_n являє собою визначення такого відображення A виду (1), при якому

$$S_0 \cap \left[\bigcup_{i=1}^n S_i \right] = S_0. \quad (2)$$

Змінними елементами інформації g є параметри розміщення S_1, S_2, \dots, S_n , тобто $u = (x_1, y_1, \dots, x_n, y_n)$, а множина $U \in R^{2n}$.

Висновки. Здійснено постановку задачі розміщення сховищ цивільної оборони, як задачі покриття. Вирішення задачі дозволить визначити мінімально-необхідну кількість сховищ для забезпечення укриття в них населення області, що розглядається.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.2-5-97. Будинки і споруди. Захисні споруди цивільної оборони. КиївЗНдіЕП. – 82 с.
2. Довідник з цивільної оборони. ЗАТ «Укртехногрупа». К.: 2000р. – 348 с.
3. Ю.Г.Стоян, С.В.Яковлев Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования. К.: Наукова думка. 1986р. – 268 с.

*Кривцова В.И., д-р техн. наук, проректор, УГЗУ,
Ключка Ю.П., канд. техн. наук, науч. сотр., УГЗУ,
Грушко А.И., ад'юнкт, УГЗУ*

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВС-РЕАКЦИЙ

Проведено имитационное моделирование процессов генерации водорода из смеси AlH_3 и LiAlH_4 с использованием самораспространяющегося высокотемпературного синтеза интерметаллидов. Получены регрессионные модели массового содержания водорода и адиабатической температуры процесса выделения водорода данным способом

Постановка проблемы. Эффективность использования систем хранения и подачи (СХП) водорода на основе самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) интерметаллидов определяется не только свойствами исходных компонентов, которые используются для формирования водородсодержащей смеси, но и технологическими параметрами процесса, а также уровнем пожаровзрывоопасности (ПВО) таких систем. Безусловным преимуществом такого способа хранения и подачи (СХП) водорода является тот факт, что данная система в режиме хранения разгружена от давления и, как следствие, представляет меньшую угрозу по сравнению с другими методами. Однако процесс генерации водорода в таких системах сопровождается значительным повышением температуры и давления, что может повлечь за собой возникновение пожаровзрывоопасной ситуации. Основными характеристиками данного процесса являются массовое содержание водорода и адиабатическая температура, которые служат одними из определяющих параметров при выборе той или иной СХП. В то время, как для большинства СХП данные параметры известны, для СХП на основе СВС они остаются малоизученными.

Анализ последних исследований и публикаций. На сегодняшний день известны работы, которые посвящены получению водорода из гидридов при синтезе интерметаллидов методом СВС, который протекает за счет использования внутренней энергии исходных реагентов [1,2]. При этом водородсодержащий состав формируют из гидрида металла и металла или из двух различных ги-

дридів, метали яких мають значительне хімічне сродство, і здатні утворювати між собою хімічні сполуки – інтерметаліди, в результаті чого виділяється кількість теплоти, достаточна для розриву зв'язу метал-водород і виділення останнього з гідриду.

Однак із публікацій не ясно, які вихідні компоненти забезпечують найбільший масовий вихід водороду при мінімальних енергетичних витратах. Також залишаються не роз'ясненими питання, пов'язані з ПВО таких систем, обумовленої термодинамічними параметрами процесу виділення водороду.

Постановка задачі і її рішення. З метою практичного застосування даного методу необхідно з'ясувати, які вихідні компоненти повинні використовуватися при формуванні водородоносною суміші для організації найбільш прийнятної реакції отримання водороду, як за критерієм мінімуму спожитої енергії, так і за критерієм мінімальної пожегової небезпечності всієї СКП. Як показав попередньо виконаний термодинамічний аналіз [2], як одним з вихідних компонентів доцільно використовувати AlH_3 . Іншим вихідним компонентом може виступати сполука LiAlH_4 , яку за результатами термодинамічного розрахунку дозволяє організувати реакцію СВС при нормальних початкових умовах. Проведемо імітаційне моделювання процесу виділення водороду з використанням такого гідриду, що протікає згідно з реакцією



Імітаційне моделювання процесу отримання водороду на основі СВС інтерметаллідів виконувалося з допомогою багатоцільового програмного комплексу «АСТРА-4», призначеного для визначення характеристик рівноваги, а також фазового і хімічного складу довільних систем і розробленого Трусовим Б.Г. в Московському державному технічному університеті ім. Н.Е. Баумана [3].

Для отримання аналітичних залежностей, що описують, зокрема, температуру процесу генерування і кількість виділяемого водороду в залежності від фізико-хімічних властивостей використовуваних компонентів, доцільно разом з комплексом «АСТРА-4» використовувати теорію планування експе-

римента [4-6]. Аналізуючи попередньо проведені розрахунки і отримані експериментальні дані, що характеризують процес утворення інтерметалічних сполучень, можна відзначити, що визначальними характеристиками, що впливають на процес генерації водню, можуть бути: початкова температура процесу $T_n=X_1=(300\div 600)$ К, тиск в системі $P=X_2=(1\div 5)$ МПа, співвідношення компонентів, що беруть участь в реакції генерації, зокрема, співвідношення гідридів металів, що беруть участь в процесі СВС, $n=AlH_3/LiAlH_4=X_3=0,5\div 5$.

Інтервал варіювання X_1 вибраний, виходячи з умов протікання відповідних реакцій утворення інтерметалідів методом СВС і допустимих енерговитрат на процес генерації водню [7].

Інтервал варіювання X_2 вибраний, виходячи з вимог і можливих умов роботи генератора водню.

Інтервал варіювання X_3 вибраний, виходячи з результатів термодинамічного аналізу і умов протікання процесу генерації. Нижній межовий вибирається з умов необхідності отримання водню в результаті реакції (організувати процес генерації за співвідношеннями нижче стехіометричних, нецелесообразно), а верхній межовий обмежується сумарним тепловим ефектом, що визначає можливість процесу отримання водню цим методом. Іншими словами, кількість і співвідношення використовуваних в реакції гідридів обмежується кількістю теплоти, що виділяється в результаті утворення інтерметаліду і достатньою для організації процесу розкладання гідридів.

Кодовані змінні x_1, x_2, x_3 визначаються відповідно

$$x_1 = \frac{T - T_{cp}}{\Delta T}; x_2 = \frac{P - P_{cp}}{\Delta P}; x_3 = \frac{n - n_{cp}}{\Delta n}, \quad (2)$$

де

$$T_{cp} = \frac{T_{max} + T_{min}}{2}; P_{cp} = \frac{P_{max} + P_{min}}{2}; n_{cp} = \frac{n_{max} + n_{min}}{2}; \quad (3)$$

$$\Delta T = \frac{T_{max} - T_{min}}{2}; \Delta P = \frac{P_{max} - P_{min}}{2}; \Delta n = \frac{n_{max} - n_{min}}{2}. \quad (4)$$

В общем случае в качестве математической модели целесообразно использовать зависимость вида

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i x_i + \sum_{i=1}^k a_{ii} x_i^2 + \sum_{\substack{i=1 \\ j=1 \\ i \neq j}}^k a_{ij} x_i x_j, \quad (5)$$

где a_i , a_{ii} , a_{ij} – параметры (коэффициенты) модели.

Определение коэффициентов регрессионной модели (5) осуществляется в соответствии с выражениями [4-6]

$$a_0 = \frac{A}{N} \left(2\lambda_1^2 (k+2) \sum_{j=1}^N y_j - 2\lambda_1 \lambda_2 \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^N x_{ij}^2 y_j \right); a_i = \frac{\lambda_2}{N} \sum_{j=1}^N x_{ij} y_j; \quad (6)$$

$$a_{ii} = \frac{A}{N} \left(\lambda_2^2 ((k+2)\lambda_1 - k) \sum_{j=1}^N x_{ij}^2 y_j + \lambda_2^2 (1 - \lambda_1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^N x_{ij}^2 y_j - 2\lambda_1 \lambda_2 \sum_{j=1}^N y_j \right); \quad (7)$$

$$a_{ij} = \frac{\lambda_2^2}{N\lambda_1} \sum_{u=1}^N x_{ui} x_{uj} y_u, \quad (8)$$

где приняты обозначения

$$\lambda_1 = \frac{2^k N}{(2^k + 2\alpha^2)^2}; \lambda_2 = \frac{N}{2^k + 2\alpha^2}; A = \frac{1}{2\lambda_1 ((k+2)\lambda_1 - k)}. \quad (9)$$

В этих выражениях N – число вычислительных экспериментов; α – звездное плечо; k – число факторов.

Для построения математической модели процесса использовался ротатабельный центрально-композиционный план, матрица которого представлена в табл. 1-2. В этой же таблице приведены значения функций отклика y_{p1}, y_{p2} , полученные путем имитационного моделирования. Здесь y_{p1} – содержание водорода, моль/кг; y_{p2} – адиабатическая температура реакции, К.

Таблиця 1 – Ядро плана матриці ротатбельного центрально-композиційного плану

	Ядро плану							
x_1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1
x_2	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1
x_3	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
y_{p1}	43,1	48,2	44,56	48,2	42,9	48,2	43,08	47,7
y_{m1}	47,71	43,39	48,19	44,54	48,33	43,02	48,02	43,37
y_{p2}	732	937	708	600	469	860	469	853
y_{m2}	816,91	886,61	689,52	599,22	467,66	876,36	517,27	765,97

Таблиця 2 – Центр плану і зв'язні точки матриці ротатбельного центрально-композиційного плану

	Центр плану	Зв'язні точки						
x_1	0	α	$-\alpha$	0	0	0	0	α
x_2	0	0	0	α	$-\alpha$	0	0	0
x_3	0	0	0	0	0	α	$-\alpha$	0
y_{p1}	47,79	47,7	47,79	48,07	48,19	43,5	42,5	47,7
y_{m1}	48,18	47,75	47,42	47,52	48,03	48,41	42,97	47,75
y_{p2}	450	756	613	683	450	450	450	756
y_{m2}	441,26	742,82	631,92	641,62	497,12	356,12	549,62	742,82

Примечание: α – зв'язне плечо, $\alpha=1,2154$

Статистическа значимість параметрів моделі визначається наступним образом. Параметр, наприклад, a_i – вважається статистически значимим, якщо виконується умова

$$a_i > a_{кр} = \sigma_{a \max}^2 z_{0,95}, \quad (10)$$

де $\sigma_{a \max}^2$ – максимальне значення дисперсії параметрів моделі (10); $z_{0,95}$ – 95%-на точка нормального розподілення ($z_{0,95}=1,46$) [6].

Для перевірки адекватності моделі використовувалося умова

$$|\Delta y| = |y_{pi} - y_{mi}| < \sigma_y^2 z_{0,95}, \quad (11)$$

где y_{mi} – значение функции отклика, полученное с помощью регрессионной модели; σ_y^2 – дисперсия воспроизводимости, определяемая по формуле

$$\sigma_y^2 = \sqrt{N} \sigma_{a0}^2. \quad (12)$$

Здесь σ_{a0}^2 – дисперсия параметра a_0 ;

В соответствии с полученными значениями коэффициентов, регрессионная модель, характеризующая выход водорода в зависимости от факторов x_1, x_2, x_3 , будет определяться выражением

$$y_1 = M_{H_2} = 48,16 + 0,14x_1 - 0,21x_2 + 2,24x_3 - 0,39x_1^2 - 0,27x_2^2 - 1,68x_3^2 - 0,19x_1x_2 - 0,25x_1x_3 + 0,17x_2x_3. \quad (13)$$

Анализ выражения (13) показывает, что на выход водорода наиболее существенное влияние оказывает соотношение гидридов, участвующих в процессе СВС. Наименьшее влияние на выход водорода оказывает изменение давления в системе.

Зависимость адиабатической температуры генерации водорода от начальной температуры, давления в системе и соотношения компонентов в виде регрессионной модели, полученной по результатам имитационного моделирования, может быть представлена следующим образом

$$y_2 = T_{ad} = 441,3 + 45,6x_1 + 59,5x_2 + 79,6x_3 + 166,6x_1^2 + 86,7x_2^2 + 7,9x_3^2 + 44,3x_1x_2 + 84,8x_1x_3 - 40x_2x_3. \quad (14)$$

Из анализа зависимости (14) следует, что наибольшее влияние на адиабатическую температуру процесса оказывает начальная температура процесса, а наименьшее – изменение давления в системе.

На рис. 1-4 приведены зависимости количества выделяемого водорода и адиабатической температуры процесса генерации от начальной температуры процесса, давления в системе и соотношения гидридов.

Характер зависимостей, характеризующих процесс выхода водорода и адиабатической температуры процесса, свидетельствует о том, что только для случая зависимости выхода водорода от начальной температуры, давления в системе и соотношения ком-

понентов в ней возможно решение задачи параметрической оптимизации.

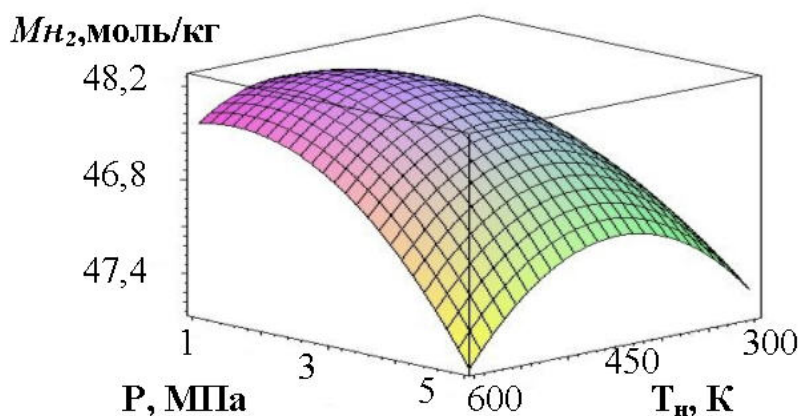


Рис. 1 – Зависимость выхода водорода от начальной температуры и давления в системе

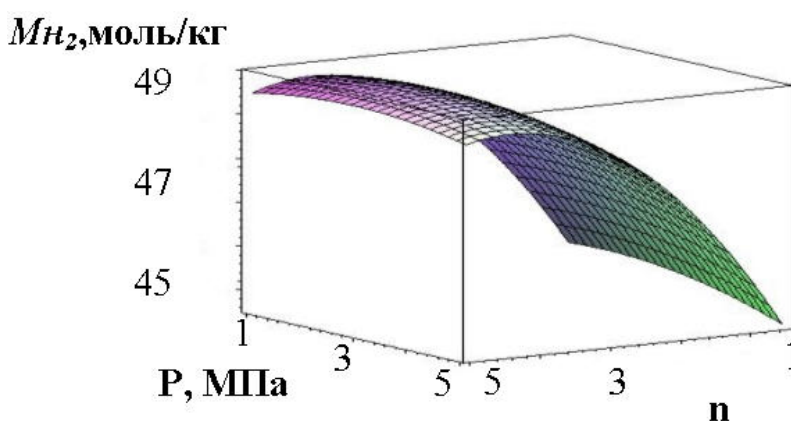


Рис. 2 – Зависимость выхода водорода от соотношения гидридов и давления в системе

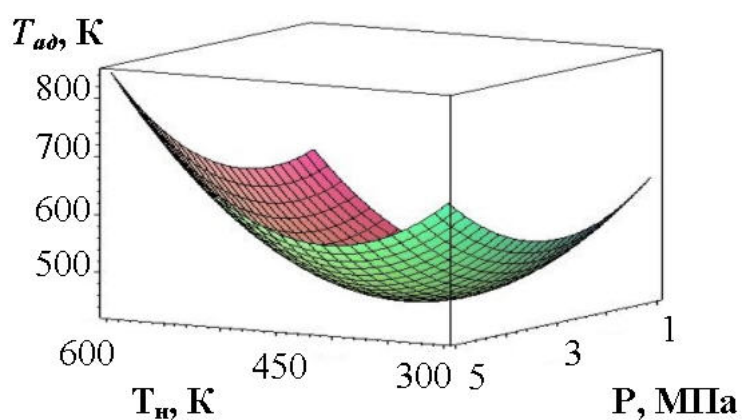


Рис. 3 – Зависимость адиабатической температуры процесса генерации водорода от начальной температуры и давления в системе

Характеристики процесса генерации водорода с использованием СВС-реакций

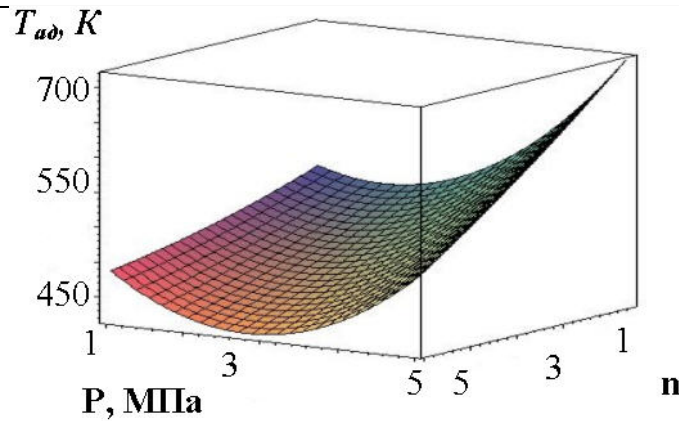


Рис. 4 – Зависимость адиабатической температуры процесса генерации водорода от соотношения гидридов и давления в системе

Решение этой задачи целесообразно осуществлять методом Филлипса, что сводится к нахождению корней системы уравнений

$$\begin{cases} \frac{\partial y_1(x_1)}{\partial x_1} = 0,14 - 0,78x_1 - 0,19x_2 - 0,25x_3 = 0; \\ \frac{\partial y_1(x_2)}{\partial x_2} = -0,21 - 0,54x_2 - 0,19x_1 + 0,17x_3 = 0; \\ \frac{\partial y_1(x_3)}{\partial x_3} = 2,24 - 3,32x_3 - 0,25x_1 + 0,17x_2 = 0. \end{cases} \quad (15)$$

Корнями системы уравнений (15) являются: $x_1 = 0,02$, $x_2 = -0,19$, $x_3 = 0,67$. Таким образом максимальное значение выхода водорода обеспечивается при следующих значениях параметров системы: $T_n \approx 453$ К, $P \approx 2,62$ МПа, $n \approx 4,26$, при этом $T_{ad} \approx 509$ К.

Выводы. Представлены результаты имитационного моделирования процесса выделения водорода в СХП с использованием СВС интерметаллидов из смеси AlH_3 и LiAlH_4 . Получены регрессионные модели массового содержания водорода и адиабатической температуры реакции при выделении водорода данным способом, а также определены оптимальные значения начальной температуры и давления для получения водорода данным способом. Результаты имитационного моделирования представляют интерес для определения технологических параметров использования СВС в СХП водорода, которые определяют уровень ПВО данных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новиков Н.П., Боровинская И.П., Мержанов А.Г. Термодинамический анализ реакций самораспространяющегося высокотемпературного синтеза // Процессы горения в химической технологии и металлургии. - М.: 1975. - С. 174 - 188.
2. Кривцова В.И., Грушко А.И. термодинамический анализ процессов выделения водорода в системах хранения и подачи на основе самораспространяющегося высокотемпературного синтеза интерметаллидов // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков: АГЗУ, 2006. – Вып. 19. – С.83-89.
3. Трусов Б.Г. Термодинамический метод анализа высокотемпературных состояний и процессов и его практическая реализация.- М.:МГТУ, Дисс. докт. техн. наук, 1984. - 292с.
4. Хартман К., Лецкий Э., Шефер В. и др. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов .- М.: Мир,1977.- 552 с.
5. Рузинов Л.П., Слободчикова Р.И. Планирование эксперимента в химии и химической технологии. – М.: Химия, 1980. – 280 с.
6. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке: В 2-х т. /Пер. с англ. – М.: Мир, 1980.- Т.1. – 610 с.
7. Найбороденко Ю.С, Лавренчук Г.В., Филатов В.М. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез аллюминидов // Порошковая металлургия. - 1982. -№12.-С. 4-7.

УДК 614.842

*Курская Т.Н., ст. преп., УГЗУ,
Сидоренко Г.С., директор, ННЦ „Институт метрологии”,
Чернобай Г.А., канд. техн. наук, доц., УГЗУ*

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ КОНТАКТНЫМИ ДАТЧИКАМИ НА ОСНОВЕ МАЛОГАБАРИТНЫХ РЕПЕРНЫХ ТОЧЕК

(представлено д-ром техн. наук Туркиным И.Б.)

Разработана схема самокалибрующегося датчика температуры и проведены предварительные исследования фазовых переходов, характеризующих процессы плавления (затвердевания) чистых металлов в малогабаритных реперных точках

Постановка проблемы. Безопасность и надежность эксплуатации объектов повышенной пожаро- и взрывоопасности, таких как АЭС, предприятия металлургии, машиностроения, нефте- и коксохимии непосредственно связаны с точностью и достоверностью температурных измерений. Так, доля температурных преобразователей только на АЭС превышает пятую часть всей датчиковой аппаратуры. Метрологические характеристики контактных датчиков температуры, установленные в необслуживаемых помещениях и труднодоступных местах, не подвергаются контролю в процессе эксплуатации, что приводит к снижению достоверности показаний [1,3,4]. Кроме этого на погрешность измерений температуры оказывают влияние дестабилизирующие факторы: радиационное излучение, агрессивная среда, высокая температура и т.п. [1,2,3].

В целом, к основным задачам по повышению точности, стабильности и достоверности температурных измерений, следует отнести:

- совершенствование конструкций, технологий и методов контроля рабочих СИТ;
- совершенствование метрологического обеспечения СИТ;
- повышение безопасности и надежности системы температурного контроля промышленных объектов.

Анализ последних исследований и публикаций. Номенклатура используемых датчиков температуры любого промышленного объекта определяется рабочими режимами его технологи-

ческих процессов. Так, в атомной энергетике используются преобразователи термоэлектрические (ТТ) и термопреобразователи сопротивления (ТС) следующих типов: ТСП-1390, ТСП-1790, ТХК-1190, ТХА-1090, ТХК-1090, ТХА-1439, ТХА-1449, ТХА-1590, ТХК-1590, на предприятиях нефтеперерабатывающей промышленности – преобразователи термоэлектрические типа ТХК-2988, ТХА-706-02, в металлургии – ТПП-1788, ТПР-1788, ТПР-0290М, ТПР-0475 и т.п. Однако, в металлургических печных агрегатах контактные датчики, используемые для контроля температуры кладки и газа, серийно не изготавливаются [5]. Контроль метрологических характеристик контактных датчиков температуры обычно осуществляют в лабораторных условиях с применением специальной аппаратуры. Для метрологического обеспечения датчиков, расположенных в необслуживаемых помещениях, целесообразно применять самокалибрующиеся датчики температуры.

Постановка задачи и ее решение. В данной работе описана схема и принцип работы самокалибрующегося датчика температуры (СДТ), которые позволяют осуществлять реализацию поверки (калибровки) ТТ и ТС в труднодоступных местах без демонтажа с целью повышения достоверности и точности измерений температуры рабочими СИТ в процессе эксплуатации.

Конструкция СДТ состоит из малогабаритной реперной точки на основе двух реперных металлов необходимой чистоты (> 9,99%), в термометрическом канале которой находится ТТ или ТС, подключенный к измерительному тракту. При достижении температуры плавления (затвердевания) реперного вещества происходит характерная стабилизация значения термо-э.д.с. или сопротивления термопреобразователя. По температурному плато плавления (затвердевания) могут быть получены калибровочные значения как для первичного датчика ТТ (ТС), так и для всего измерительного канала в целом.

На рис.1 представлена схема самокалибрующегося датчика температуры.

Геометрия, материал тигля и чистота реперного металла имеют решающее значение для формы и достоверности регистрируемого температурного плато. Структурная схема экспериментальной установки для исследования поведения температурного плато реперной точки плавления или затвердевания чистого металла представлена на рис. 2.

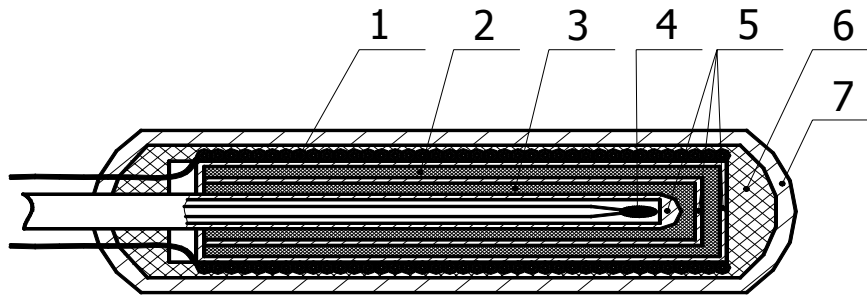


Рис. 1 – Самокалибрующийся датчик температуры (1 – управляемый нагревательный элемент; 2 и 3 – реперные металлы; 4 - первичный измерительный преобразователь (ПИП); 5 – тигли, выполненные из никеля; 6 - порошок окиси магния; 7 – металлический корпус)

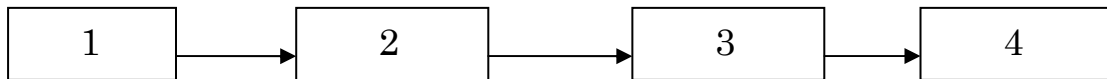


Рис. 2 – Структурная схема (1 – портативный калибратор температуры; 2 – мини-ампула с оловом и алюминием; 3 – преобразователь термоэлектрический; 4 – цифровой вольтметр типа В7-39)

В качестве материала тигля использовался никель, что обеспечивает высокое быстродействие по сравнению с тиглем из окиси алюминия.

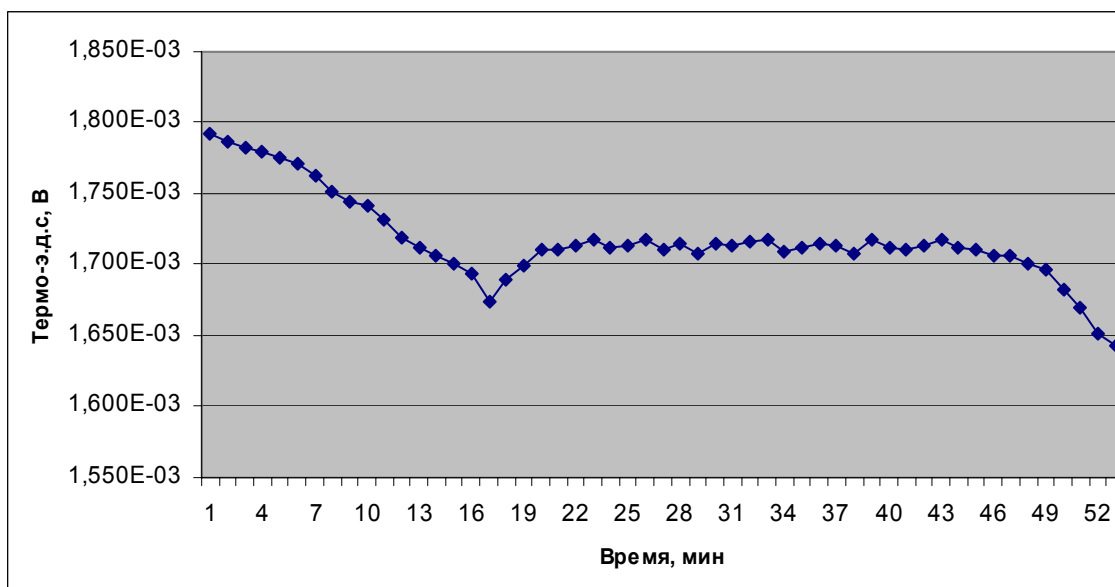


Рис. 3 – Плато затвердевания олова, регистрируемое термоэлектрическим преобразователем ТПП (S)

Для осуществления фазовых переходов реперных металлов в малогабаритной ампуле применялся портативный калибратор температуры ТС-660, в одном канале которого был размещен самокалибрующийся датчик.

На рис. 3 показана типичная временная зависимость термоэ.д.с. ТПП (S), погруженного в термометрический канал СДТ, при исследовании температурного плато олова. Величина суперохлаждения реперного металла равнялась $3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, а длительность плато затвердевания составила 25 мин.

На рис. 4 показано температурное плато алюминия, регистрируемое ТПР (B), находящимся в термометрическом канале СДТ.

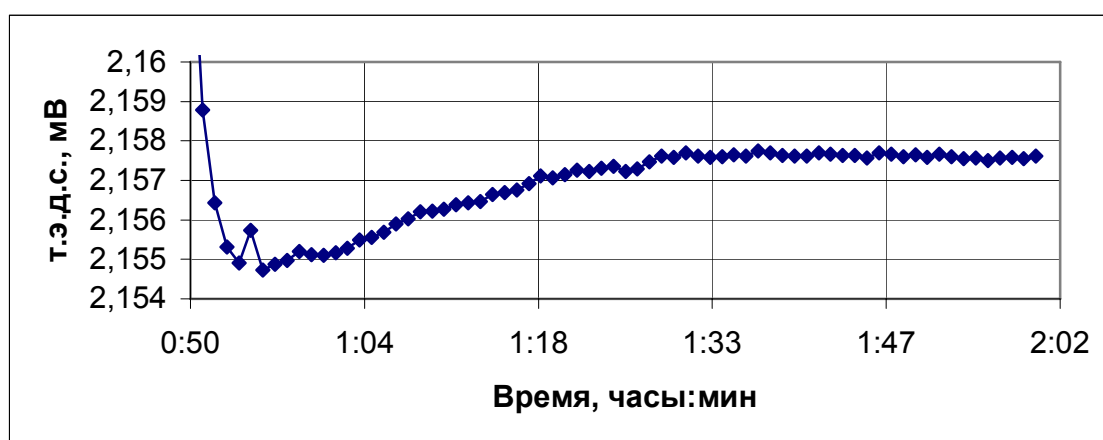


Рис. 4 – Плато затвердевания алюминия, регистрируемое термоэлектрическим преобразователем ТПР (B)

Девиация (СКО) плато затвердевания реперной точки олова в области 30% от начала длительности плато определялась с помощью датчика ЭЧП-0183 и составила 4,7 мК. Проведенные исследования по изучению воспроизводимости температуры плато затвердевания реперного металла – олова показали, что воспроизводимость температуры не более 6,4 мК для трех реализаций, для алюминия – не более 12 мК. Абсолютная погрешность калибровки преобразователя термоэлектрического типа ТПП (S) составила 0,054 К, а ТПР (B) – 0,13 К. Основными достоинствами данного самокалибрующегося датчика температуры являются: небольшое количество реперного материала в тигле, достаточное время для градуировки преобразователя, возможность поверки (калибровки) и корректировки показаний стандартных датчиков температуры

по градуировочным данным самокалибрующегося датчика в процессе эксплуатации без нарушения технологического режима.

Выводы. Таким образом, предложенный самокалибрующийся датчик температуры позволит осуществлять контроль за состоянием СИТ в период эксплуатации, что приведет к снижению аварийных ситуаций на объектах стратегического назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Олейников П.П., Пампура В.Б. О метрологическом обеспечении высокотемпературных измерений. Приборы и автоматизация.- 2002. -№12(30). -С.37.
2. Добровинский И.Е., Казанцев В.В., Павлов Б.П. и др. Состояние и перспективы метрологического обеспечения в области термоэлектрической термометрии // Приборы и автоматизация - 2002.- №3(21). -С.63.
3. Саченко А.А., Мильченко В.Ю., Кочан В.В. Измерение температуры датчиками со встроенными калибраторами.- М.: Энергоатомиздат, 1986.
4. Денискин В.П., Наливаев В.И., Олейников П.П. Предложения по развитию методов и средств температурных измерений для предприятий атомной отрасли // Ядерные измерительно-информационные технологии. -2003.- №3(7).- С.55.
5. Беленький А.М., Бердышев В.Ф., Найденов Р.Э. Проблемы измерения температуры в металлургии // Приборы. – 2002. - №3(21). – С.15.

*Михайлюк О.П., канд. хім. наук, проф., УЦЗУ,
Олійник В.В., канд. техн. наук, нач. каф., УЦЗУ*

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТІВ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ЯК СКЛADOVA ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РІВНЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ (представлено д-ром хім. наук Калугіним В.Д.)

На підставі вивчення вимог законодавчої та нормативної бази до виконання ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки розроблені рекомендації, що дозволяють прискорити дослідження по виявленню об'єктів підвищеної небезпеки

Постановка проблеми. Сьогодні у зв'язку з тим, що в Україні зношеність виробничих фондів в середньому складає 50%, а за умов старих технологій і браку коштів на підтримання техногенної безпеки дуже повільно здійснюється оновлення або заміна застарілих основних виробничих фондів, рівень техногенної безпеки щорічно знижується. І в цих умовах все більш вразливішими до дії небезпечних природних факторів стають потенційно небезпечні об'єкти господарювання. На цих об'єктах рік у рік збільшується небезпека виникнення вторинних техногенних аварій і навіть катастроф, за масштабами яких можуть виникнути надзвичайні ситуації (НС) з дуже важкими наслідками.

Одним із кроків зменшення ризику НС на потенційно небезпечних об'єктах (ПНО) є робота по виявленню потенційних джерел НС, прогнозуванню і запобіганню НС, яка полягає перш за все в паспортизації потенційно небезпечних об'єктів. У відповідності з цим кожний керівник підприємства, на території якого знаходяться ПНО, зобов'язаний провести їх ідентифікацію, декларування і страхування відповідальності за можливу шкоду, заподіяну аварією.

Але в той же час слід відзначити, що при виконанні ідентифікації виникають багато питань, так як ця процедура є складним і об'ємним процесом установлення тотожності ПНО шляхом визначення специфічних чинників потенційної небезпеки. Багато труднощів виникає при ідентифікації складних та потужних об'єктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Роботи із паспортизації потенційно небезпечних об'єктів і створення Державного реєстру ПНО є важливими складовими забезпечення національної безпеки в умовах мирного часу.

До Державного реєстру ПНО України внесено вже понад 14000 об'єктів, до числа яких входять промислові підприємства, шахти, кар'єри, магістральні газо- нафто- і продуктопроводи, гідротехнічні споруди, вузлові залізничні станції, мости, тунелі, накопичувачі та полігони промислових відходів, місця збереження небезпечних речовин та інші.

До Державного реєстру об'єктів підвищеної небезпеки (ОПН) внесено 5100 об'єктів, які належать 2284 суб'єктам господарської діяльності. Домінують нафтобази і АЗС (45%), системи газопостачання, магістральні трубопроводи, аміачно-холодильні установки.

Ця робота проводиться з 2003 року після прийняття Закону України „Про об'єкти підвищеної небезпеки” [1], який максимально адаптований до міжнародних норм в галузі техногенної та промислової безпеки.

Аналіз практики виконання ідентифікації ПНО об'єктів показує, що у багатьох випадках результатом ідентифікації є розробка суб'єктом господарської діяльності заходів, направлених на підвищення рівня техногенної безпеки. Так, наприклад, ряд підприємств газової та хімічної промисловості України, які є одними із найбільш небезпечних галузей знизили свій клас небезпеки [2]. Так, ВАТ „Київмедпрепарат” за результатами ідентифікації було віднесено до об'єкта підвищеної небезпеки 1-го класу, так як на цьому об'єкті використовувалось 7 тонн аміаку. Для підвищення промислової безпеки та зменшення кількості аміаку була проведена технічна реконструкція та технічне переоснащення аміачно-холодильної установки, в результаті яких кількість аміаку в системі знизилась з 7 до 2 тонн. Також загальна потенційна небезпека цього підприємства знижена ще і за рахунок ліквідації установки ректифікації спирту, а також підземного складу легкозаймистих рідин місткістю 10 тонн. Таким же шляхом зниження промислової безпеки відбулося і на ВАТ «Укрпластик», яке було признано при ідентифікації об'єктом підвищеної небезпеки 2-го класу. На цьому підприємстві ліквідували два резервуара для зберігання дизельного палива, знизили на складі кількість балонів з пропаном з 15 до 4. Таким чином, в результаті виконаного комплексу

заходів ВАТ „Укрпластик” віднині не відноситься до об’єктів підвищеної небезпеки.

Крім цього небезпека таких об’єктів може бути зменшеною за рахунок розробки та впровадження у виробництво нового обладнання та технологій.

Але в той же час слід відзначити, що при виконанні ідентифікації виникають багато питань, так як ця процедура є об’ємним процесом і особливо при ідентифікації складних та потужних об’єктів.

Постановка завдання та його вирішення. Ідентифікація ПНО потребує встановлення небезпечних видів діяльності, у відношенні яких є підстави вважати, що вони можуть викликати при певних обставинах техногенні аварії або катастрофи з важкими соціальними і економічними наслідками. Встановлення джерел небезпеки полягає у співставленні реальної інформації про технологічні особливості конкретних виробництв з існуючими критеріями, необхідними для ототожнення об’єкта як потенційно небезпечного. При цьому основним критерієм є наявність на виробництві певної кількості небезпечних речовин, перевищення яких означає створення небезпеки для нормального функціонування підприємств і оточуючого середовища. Відповідність або перевищення реальних даних одному і більше значенням закріплених показників є підставою для початку проведення системних досліджень з оцінки ступеня небезпеки об’єкта.

При класифікації речовин і сумішей (сполук) з позиції небезпек можуть бути використані відповідно з Конвенцією про трансграничну дію промислових аварій такі критерії:

- займисті гази;
- легкозаймисті рідини;
- високотоксичні рідини;
- токсичні речовини;
- окислювачі;
- вибухові речовини;
- займисті рідини;
- речовини, що являють небезпеку для оточуючого середовища;
- радіоактивні речовини;
- гідродинамічні споруди.

Отже, процедура ідентифікації полягає в тому, що на підставі спеціальних розрахунків, із загальної кількості об'єктів, де виготовляються, використовуються, переробляються або транспортуються небезпечні речовини – виявляються ті, що являють собою особливу небезпеку. При цьому розраховується не тільки маса отруйних та токсичних речовин, але і наскільки близько об'єкт розташований до „місць турботи” держави. Це місце, де одночасно можуть знаходитися більше 20 чол., транспортні магістралі національного значення, природоохоронні зони, дитячі садки, лікарні тощо. Якщо ця відстань менша за нормативну – небезпека відповідно зростає. В цьому випадку необхідно перерахувати норматив порогової маси небезпечної речовини згідно з формулою 1 [3]:

$$Q_{i,k} = Q_i \cdot \left(\frac{R_x}{R_n}\right)^2 \quad (1)$$

де $Q_{i,k}$ – норматив порогової маси небезпечних речовин для ПНО, розташованих від місць великого скупчення людей, транспортних магістралей, промислових, природоохоронних і життєво важливих цивільних об'єктів на відстані менше ніж 500 м для небезпечних речовин групи 1 та 2 і 1000 м для речовин групи 3; Q_i – норматив порогової маси індивідуальних небезпечних речовин або категорій небезпечних речовин, або небезпечних речовин однієї категорії чи групи [3]; R_x – відстань від ПНО до місць великого скупчення людей, транспортних магістралей, промислових, природоохоронних і життєво важливих цивільних об'єктів; R_n – гранична відстань, починаючи з якої проводиться перерахунок нормативу порогових мас (для речовин групи 1 та 2 дорівнює 500 м, для речовин 3 групи – 1000 м).

У зв'язку з цим в рамках виконання науково-дослідної роботи на підставі досліджень вимог законодавчої та нормативної бази до процедури ідентифікації ОПН, результатів виконаних досліджень безпеки конкретних об'єктів розроблені рекомендації до виконання ідентифікації ОПН. Для зручності виконання цієї процедури розроблено структурну схему проведення ідентифікації, яка здійснюється поетапно (рис. 1):

– виділення потенційно небезпечних об'єктів за наявністю небезпечних речовин;

– розрахунок розподілу мас небезпечних речовин в апаратах та трубопроводах визначених потенційно небезпечних об'єктів;

Михайлюк О.П., Олійник В.В.

- розрахунок сумарної маси індивідуальних небезпечних речовин (ІНР) або сумарної маси небезпечних речовин, що відносяться до однієї категорії і/або групи;
- порівняння сумарної маси небезпечних речовин з їх пороговою масою;
- складання Повідомлення про результати ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки та надання його до відповідних органів.

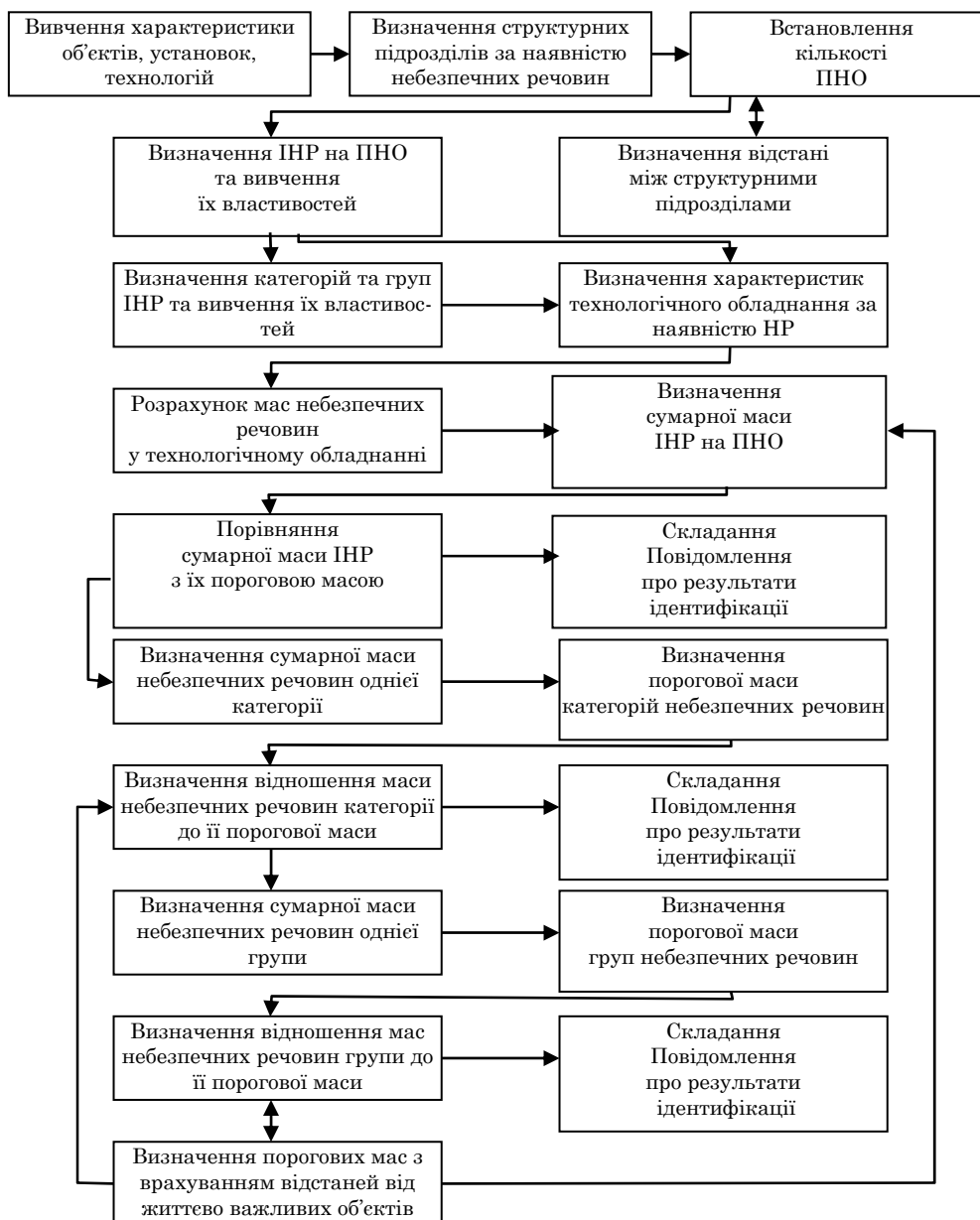


Рис. 1 – Структурна схема до ідентифікації ПНО

Висновки. Даний підхід дозволить на практиці значно прискорити дослідження по виявленню об'єктів підвищеної небезпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» 18.01.2001 р.
2. М. Назаров «Промышленная безопасность – вопрос международный» // Всеукраинский научно-технический журнал «Технополис». Вип. 9. Днепропетровск: 2004. – с.22.
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 11.07.02. № 956. Порядок ідентифікації та обліку об'єктів підвищеної небезпеки.

УДК 004.52; 004.56; 004.8; 519.8

*Новожилова М.В., д-р физ.-мат. наук, зав. каф., ХГТУСА,
Овечко К.А., аспирант, ХГТУСА*

МЕТОДЫ ВЫБОРА ВАРИАНТА ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

(представлено д-ром техн. наук Яковлевой Р.А.)

В работе предложена концепция инкапсуляции необходимого математического аппарата в состав разрабатываемой системы поддержки принятия решений по оптимальной структуре информационной подсистемы системы предупреждения чрезвычайных ситуаций

Постановка проблемы. Современная автоматизированная система предупреждения чрезвычайных ситуаций включает информационную подсистему как один из своих неотъемлемых элементов [1]. Поскольку нарушение целостности и нормального режима функционирования информационной подсистемы может привести к значительным потерям, сравнимым по величине с результатами стихийных бедствий и других чрезвычайных ситуаций, всё большее значение придается проблеме информационной

защиты автоматизированных систем (АС) [2], в том числе АС предупреждения чрезвычайных ситуаций (ЧС). Согласно действующего законодательства [3-5], АС – система, выполняющая автоматизированную обработку данных и включающая технические средства обработки данных, а также методы, процедуры и программное обеспечение. Неравномерное, спонтанное развитие АС, использование информационных структур, неподвластных руководству АС, человеческий фактор и прочие, делают защиту информации очень сложной и трудно формализуемой задачей.

Все перечисленные факты приводят к необходимости разработки средства поддержки принятия решения (ППР), которое облегчит работы по проектированию, внедрению и сопровождению информационной подсистемы системы предупреждения чрезвычайных ситуаций (ИС СПЧС). Одним из наиболее эффективных средств решения подобного класса задач являются экспертные системы (ЭС), поскольку позволяют объединять и копировать опыт множества экспертов и использовать его в решении сложных проблем.

Анализ последних исследований и публикаций. При написании статьи авторами был выполнен анализ существующих подходов по классификации компонентов АС, а также методов защиты информации; были исследованы модели представления знаний в интеллектуальных системах. Большой вклад в разработку методологии решения вопросов информационной безопасности внесли исследования Герасименко В.А., Гроувера Д., Мельникова Ю.М., Мэдника С., Осовецкого Л.Г., Расторгуева С.П., Сяо Д., Хоффмана Л., Щербакова А.Ю. [6]. В области искусственного интеллекта и экспертных систем основополагающими стали работы таких ученых как: Минский М., Поспелов Д.А., Попов Е.В., Уотермен Д., Нейлор К. и др. [7]. Однако, как показал анализ литературных источников, вопросам разработки оптимальной структуры информационной подсистемы системы предупреждения чрезвычайных ситуаций уделено недостаточно внимания.

Постановка задачи и ее решение. Цель работы – в рамках решения задачи по созданию ЭС разработать методологию выбора варианта построения ИС СПЧС. Концептуальная модель ЭС, режим извлечения новых знаний и этапы структурирования и параметрической идентификации были рассмотрены авторами в статье [8].

В данном режиме осуществляется проектирование, конфигурирование, мониторинг и анализ состояния ИС СПЧС с использованием ЭС (рис. 1):

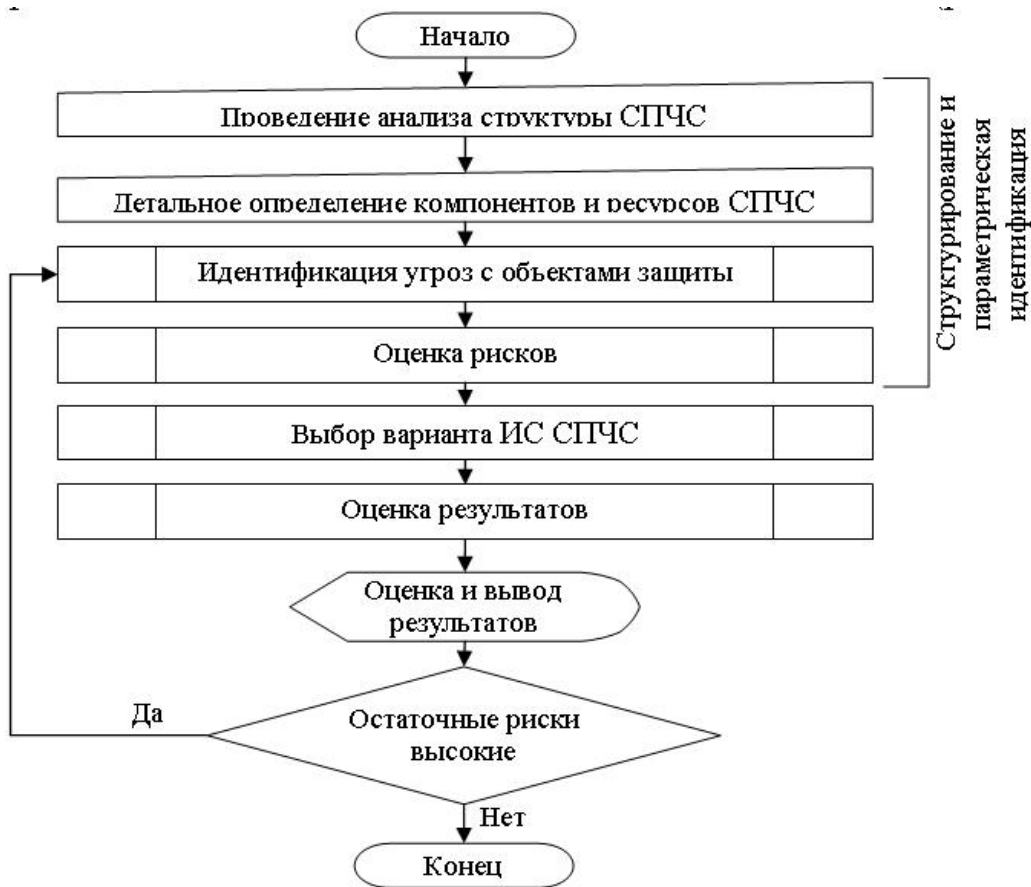


Рис. 1 – Схема алгоритма работы ЭС с пользователем

После выполнения структурирования и параметрической идентификации выполняется выбор варианта построения ИС СПЧС.

Выбор варианта построения ИС СПЧС. Система предупреждения чрезвычайных ситуаций должна функционировать на всех стадиях жизненного цикла (ЖЦАС) защищаемого объекта, на всех технологических этапах обработки информации и во всех режимах функционирования, включая разработку, внедрение, эксплуатацию и вывод из эксплуатации [Ошибка! Закладка не определена.].

Дискретная модель решаемой задачи максимизации величины предотвращенных убытков U на протяжении всего ЖЦАС может быть представлена следующим образом

$$U^0 = \max_{W_t} \sum_{t=0}^T \rho_t W_t(Conf) \quad (1)$$

где ρ_t - коэффициент дисконтирования в период времени t ; W_t - величина предотвращенных убытков за период времени t , $Conf$ - вектор конфигурации СПЧС, определяющий наличие различных средств защиты, а также настройки объектов АС и СПЧС, $T < \infty$ - конечный (терминальный) момент функционирования АС.

Расстояния между моментами времени t могут устанавливаться через одинаковые промежутки времени, определенные возможностями предприятия, или назначаться ответственным лицом. В оптимальном случае они должны быть реакцией на изменения в информационной среде, влияющие на эффективность функционирования ИС СПЧС. Такими изменениями могут быть **[Ошибка! Закладка не определена.]**: - установление нового оборудования или модернизация существующего, включение в состав АС новых компонентов; - установление новых систем жизнеобеспечения АС (сигнализации, вентиляции, пожаротушение, кондиционирование и др.); - проведение строительно-ремонтных работ; - организационные изменения в структуре АС, производственных процессах, процедурах обслуживания АС; - изменения в технологии обработки информации; - изменения в программном обеспечении; - любые изменения в составе и функциях СПЧС.

Структурная и параметрическая идентификация функционала W_t в общем случае векторного, является сложной задачей, причем вид и количество частных критериев качества w_{it} могут быть различными в разные моменты времени.

Для решения данной задачи прибегают к использованию опыта экспертов и существующих математических методов. ЭС моделирует деятельность эксперта по предотвращению ЧС в своей работе, используя знания из базы знаний и текущее состояние рабочей памяти (РП). Математический аппарат используется, когда база знаний не содержит других правил для текущего состояния РП. В этом случае в зависимости от имеющейся информации выбирается один из следующих подходов к решению сложившейся подзадачи: 1) методы теории игр; 2) математические методы решения многокритериальной задачи.

Вследствие разнообразия угроз и средств защиты выбор конфигурации СПЧС относится к классу NP-трудных задач. Применение продукционной модели, избавляет от необходимости полно-

го перебора и защищает от «комбинаторного взрыва». Правила продукций строятся на основании знаний экспертов и имеют следующий вид:

ЕСЛИ «Условие» ТО «Действие/Суждение» ПОТОМУ ЧТО «Объяснение».

Методы теории игр [9, 10]. Для решения задачи формируется дерево принятия решений (ДПР) из возможных последовательностей действий, оказывающих влияние на функционирование АС. После построения ДПР, проводится анализ результатов в терминальных вершинах ДПР, для каждого из участвующих в "игре" субъектов. Решением задачи, является оптимальная стратегия – последовательность действий со стороны СПЧС, приводящая к максимизации величины предотвращенного ущерба.

Преимуществами данного подхода являются высокая точность и обоснованность получаемого решения. К недостаткам следует отнести высокую трудоемкость и сложность получения информации для построения ДПР. Однако существует возможность решения этих проблем путем использования опыта экспертов для создания ДПР, включающего только наиболее важные из действия субъектов.

Математические методы решения многокритериальной задачи. Задачей данного подхода является выбор оптимальной технической реализации (*Conf*) СПЧС, максимизирующей величину предотвращенного ущерба $W_i(Conf)$ в период t [11]. В общем виде она может быть представлена следующим образом:

$$Conf^0 = \arg \max W(Conf) \quad (2)$$

Решение задачи (2), как правило, разбивается на 3 этапа. Целью первых двух является аппроксимация функции $W(Conf)$.

1) На основании данных РП производится определение важности требований, предъявляемых к СПЧС с использованием одного из следующих методов: а) в первичных шкалах; б) производных шкалах. Выбор метода определяется: - наличием данных в РП; - сложностью получения данных в случае их отсутствия; - предпочтениями пользователя.

2) Использование методов выбора рационального варианта СПЧС на основе экспертной информации. На данном этапе выбор метода решения многокритериальной задачи определяется харак-

тером експертної інформації о степені предпочтєння показателєй (табл. 1).

Таблиця 1 – Вибор метода рєшення многокритеріальної задачі

Експертна інформація о степені предпочтєння показателєй	Метод рєшення многокритеріальної задачі
Отсутствует	Максиминный метод
Существует один главный показатель	Метод главного показателя
Показатели упорядочены по важности	Лексикографический метод
Определены весовые коэффициенты показателей	Методы результирующего показателя: аддитивный показатель, мультипликативный показатель, максиминный показатель.

3) В зависимости от формы полученной аппроксимации функции $W(Conf)$, используются методы линейного и математического программирования, полный перебор вариантов, а также методы эвристического поиска с целью определения наиболее подходящего вектора технической реализации СПЧС.

Оценка результатов использования СПЧС и затрат на её внедрение и содержание. На данном этапе подводятся итоги внедрения (изменения конфигурации) СПЧС, которые включают: 1) предварительную оценку стоимости изменения конфигурации СПЧС; 2) оценку величины предотвращенного ущерба (в денежном или качественном выражении); 3) оценку остаточных рисков. Предлагается выход из ситуации, когда остаточные риски превышают предельно допустимые, путем изменения параметров ограничений введенных пользователем в ЭС и проведением нового расчета по выбору состава средств и мероприятий защиты.

Выводы. Разработка ЭС для проведения работ по созданию СПЧС дает возможность эффективно отслеживать изменения в АС и реагировать на них как на стадии проектирования СПЧС, так и на стадии её эксплуатации. Практическая значимость работы состоит в возможности применения предложенного подхода по использованию эвристических методов выбора конфигурации СПЧС для проведения дальнейших исследований по проектированию и

реализации на языке Clips гибридного инструментария ППР-ЭС СПЧС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сидоров В.И. Исследования по промышленной безопасности в рамках ГНТП «Безопасность» // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – М.: ВИНТИ, №4, 2003. – С.62-68.
2. НД ТЗІ 1.1-002-99. "Загальні положення щодо захисту інформації в комп'ютерних системах від несанкціонованого доступу". - 1999 р. - N 22.
3. Закон України "Про захист інформації в автоматизованих системах". від 05.07.1994 р. N 80/94-ВР.
4. Закон України про внесення змін до Закону України "Про захист інформації в автоматизованих системах" від 31.05.2005 р. N 2594-IV.
5. НД ТЗІ 3.7-003-05. "Порядок проведення робіт із створення комплексної системи захисту інформації в інформаційно-телекомунікаційній системі" від 08.11.2005р. N 125.
6. Домашев А.В., Попов В.О., Правиков Д.И., Прокофьев И.В., Щербаков А.Ю. "Программирование алгоритмов защиты информации" –М.: Нолидж, 2000.
7. Поспелов Д.А. Моделирование рассуждений. Опыт анализа мыслительных актов. - М.: Радио и связь, 1989. - 184 с.
8. Новожилова М.В., Овечко К.А. "Структура экспертной системы построения комплексных систем защиты информации на виртуальных объектах строительства" // Науковий вісник будівництва. – Харків:ХДТУБА. – вип..38, 2006. – С.75-81.
9. Новожилова М.В., Овечко К.А. "Методы игрового моделирования вопросов защиты информации." // Міжнародна науково-практична конференція „Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій”, Запоріжжя, ЗНТУ, 2006.
10. Fudenberg D., Tirole J. Game Theory. Cambridge, MA: MIT Press. 1991.
11. Домарев В.В. "Безопасность информационных технологий. Системный подход": -К.: ООО "ТИД "ДС", 2004.

*Петренко А.В., канд. техн. наук, доц., УГЗУ,
Вамболь С.А., канд. техн. наук, зав. каф., УГЗУ,
Мищенко И.В., канд. техн. наук, доц., УГЗУ*

ПУТИ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ

(представлено д-ром техн. наук Туркиным И.Б.)

Проведен анализ существующих средств оценки годности транспортируемых изделий. Разработана концепция приборного обеспечения мониторинга выработки транспортировочного ресурса опасных грузов по величине накопленных динамических воздействий. Показано, что задача правильного выбора параметров регистрирующего прибора сводится к согласованию его рабочего диапазона частот со спектром частот нагружения и с динамической характеристикой транспортируемого объекта

Постановка проблемы. В настоящее время мониторинг технического состояния объектов повышенной опасности осуществляется при помощи сложных систем, состоящих из датчиков, источников питания, усилителей, устройств записи и обработки результатов измерений [1]. Для мониторинга состояния боеприпасов при транспортировании такие системы часто оказываются неприемлемыми вследствие их громоздкости и уязвимости. Согласно действующих стандартов оценка годности транспортируемых изделий производится по дальности транспортировки в заданных условиях. Однако, по этим показателям лишь косвенно можно судить о техническом состоянии объекта, и тем более невозможно оценить его состояние в результате экстремальных воздействий.

Анализ последних исследований и публикаций. Основной причиной повреждения грузов при транспортировке являются ударно-вибрационные нагрузки, поэтому приборы контроля выработки ресурса изделий должны обеспечивать регистрацию накопленных динамических перегрузок. В работе изложена концепция автономных регистрирующих приборов для мониторинга состояния изделий в процессе транспортирования. Укрепленный на транспортном контейнере прибор контроля содержит корпус, поджатый к нему ролик и фрикционный преобразователь колебаний корпуса во вращательное движение счетчика [2]. Показания при-

бора зависят от количества и силы ударов при транспортировке, что соответствует величине суммарных динамических перегрузок. Имеет место корреляционная связь этой величины с вероятностью появления усталостных трещин, поэтому она соответствует выработке транспортного ресурса. Применение таких регистраторов позволяет осуществить контроль выработки транспортировочного ресурса опасных грузов (например, взрывчатых веществ).

Постановка задачи и ее решение. По сути, предложен новый подход к понятию ресурса техники и единицы измерения ресурса. Разработан более точный метод контроля выработки ресурса – по величине суммируемых динамических перегрузок. Этот метод в практической реализации оказался даже проще, чем измерение пробега и времени. Если учесть, что каждый материал можно характеризовать тем количеством энергии, которую может поглотить единица его объема разрушения, то вполне обоснованным является энергетический принцип определения транспортировочного ресурса. Согласно, этого принципа ресурс должен определяться величиной работы, которая вызывает усталостные повреждения деталей.

Предложенные устройства являются эффективным средством определения действительных эксплуатационных нагрузок. Они позволяют практически оценить состояние объекта и реальный транспортировочный ресурс. Использование подобных изобретений дает возможность также выбирать режим транспортировки опасных грузов, вид транспортного средства и сроки технического обслуживания. При превышении показаний прибора сверх установленных значений можно своевременно приостановить эксплуатацию объекта и тем самым предотвратить возникновение нештатной ситуации. С другой стороны, небольшие показания регистратора могут служить основанием для продления срока эксплуатации изделия, что дает значительный экономический эффект. Появляется также дополнительная возможность четкого разграничения ответственности должностных лиц за качество транспортировки грузов повышенной опасности.

На рис. 1 представлена схема регистратора суммируемых динамических перегрузок. При составлении этой схемы принят во внимание факт преобладания упругой составляющей контактной деформации в пределах предварительного смещения под действием многократного циклического нагружения.

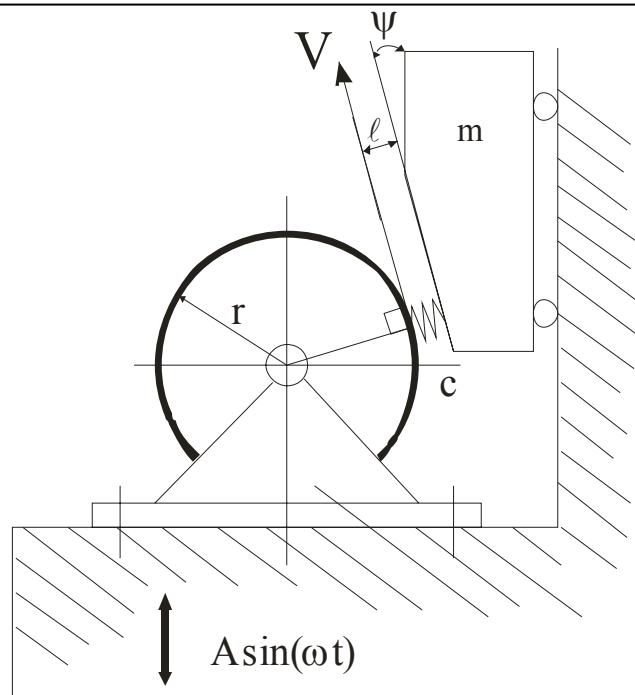


Рис.1 Расчетная схема фрикционного регистратора накопленных динамических перегрузок (A , ω – амплитуда и частота колебаний контролируемого объекта, r – радиус фрикционного ролика, v – скорость на периферии ролика, m – масса клиновидного тела, ψ – угол клина, l – упругое отжатие клиновидного тела при страгивании, c – нормальная контактная жесткость)

В дополнение к обозначениям на рис. 1 введём следующие:
 h – затухание, пропорциональное скорости деформации в зоне контакта клиновидного тела и фрикционного ролика;
 первая частота собственных колебаний регистратора

$$\omega_c = \sqrt{\frac{c}{m}};$$

коэффициент динамичности

$$K = \left(\left(1 - \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)^2 \right)^2 + q^2 \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)^2 \right)^{-0.5}, \quad (1)$$

где $q = \frac{h}{2\omega_c m}$.

По данным экспериментов для созданных конструкций регистраторов величина q находится в пределах 0,12–0,19. Справочные данные по контактной жесткости c содержатся в работе [2]. Следует отметить, что величины c и l не зависят от характера действия нагрузки (статического или динамического).

Условием срабатывания фрикционных поверхностей является их упругое отжатие на величину l , что можно представить в виде

$$K \cdot A = \frac{l}{\sin \psi}, \quad (2)$$

С учетом (1) и (2) находим амплитуду вынужденных колебаний объекта при срабатывании регистратора (принимается $q=0,15$)

$$A = \frac{1}{\sin \psi} \sqrt{\left(1 - \left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^2\right)^2 + 0,0225 \left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^2}, \quad (3)$$

Скорость вибрационного перемещения

$$V = A\omega \cos \frac{\pi f_+}{f_+ + f_-},$$

где f_+ и f_- – коэффициенты трения при скольжении контактирующих деталей в двух противоположных направлениях.

С учетом уравнения (3)

$$V = \frac{l}{\sin \psi} \omega \sqrt{\left(1 - \left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^2\right)^2 + 0,0225 \left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^2} \cdot \cos \frac{\pi f_+}{f_+ + f_-}, \quad (4)$$

Функции $A(\omega)$ и $v(\omega)$ определяют частотные (амплитудную и скоростную) характеристики фрикционного регистратора суммарных динамических перегрузок.

Корни уравнения $dv/d\omega = 0$ являются критическими значениями аргумента ω . Среди них можно отыскать значения, дающие экстремум функции $v(\omega)$. Однако для инженерных расчетов с достаточной точностью можно полагать, что указанная функция принимает максимальное значение при $\omega = 0,8\omega_c$, а минимальное – при $\omega = \omega_c$.

Нетрудно заметить, что произведение cl представляет собой величину силы N упругого отжатия деталей при страгивании с места, которая связана с силой трения T известным соотношением

$$Nf = T,$$

где f – коэффициент трения между клиновидным телом и роликом. С учетом указанных соотношений имеем

$$l = \frac{T}{cf}. \quad (5)$$

Таким образом, имеется возможность статической настройки регистратора на срабатывание в заданном динамическом режиме путем создания определенной силы трения T при помощи усилия нажатия пружины.

Справедливость формул (3) и (4) подтверждают результаты испытаний фрикционного регистратора со стальным клиновидным телом и роликом из бронзы (для равнопрочности устройства материал инерционного тела назначают более износостойким, чем материал фрикционного ролика).

Параметры регистратора: $m=0,11$ кг, $c=0,4 \cdot 10^5$ Н/м, $\psi=35^\circ$, $r=0,016$ м, $f=0,18$.

На рис. 2 приведены теоретические частотные характеристики регистратора, рассчитанные по формулам (3) и (4); здесь же точками нанесены экспериментальные данные.

При расчете фрикционного регистратора суммируемых динамических перегрузок исходными данными являются собственные частоты колебаний контролируемого объекта и соответствующие им амплитуды. Расчет проводим для каждой собственной частоты спектра нагружения.

Порядок расчета заключается в следующем:

1) задав конструктивно величини m , c , ψ , f , из соотношений (3) и (5) находим необходимую величину силы трения T ;

2) по величине усилия $Q = \frac{T}{f \sin \psi}$ подбираем замыкающую

пружину;

3) с помощью формул (2) и (4) определяем скорость v на периферии фрикционного ролика;

4) назначаем радиус фрикционного ролика r ;

5) используя теорию усталостной прочности, определяем время t действия циклической нагрузки, соответствующее предельному состоянию объекта;

6) находим показание счетчика регистратора $z = \frac{v}{r}t$, которое соответствует величине ресурса объекта.

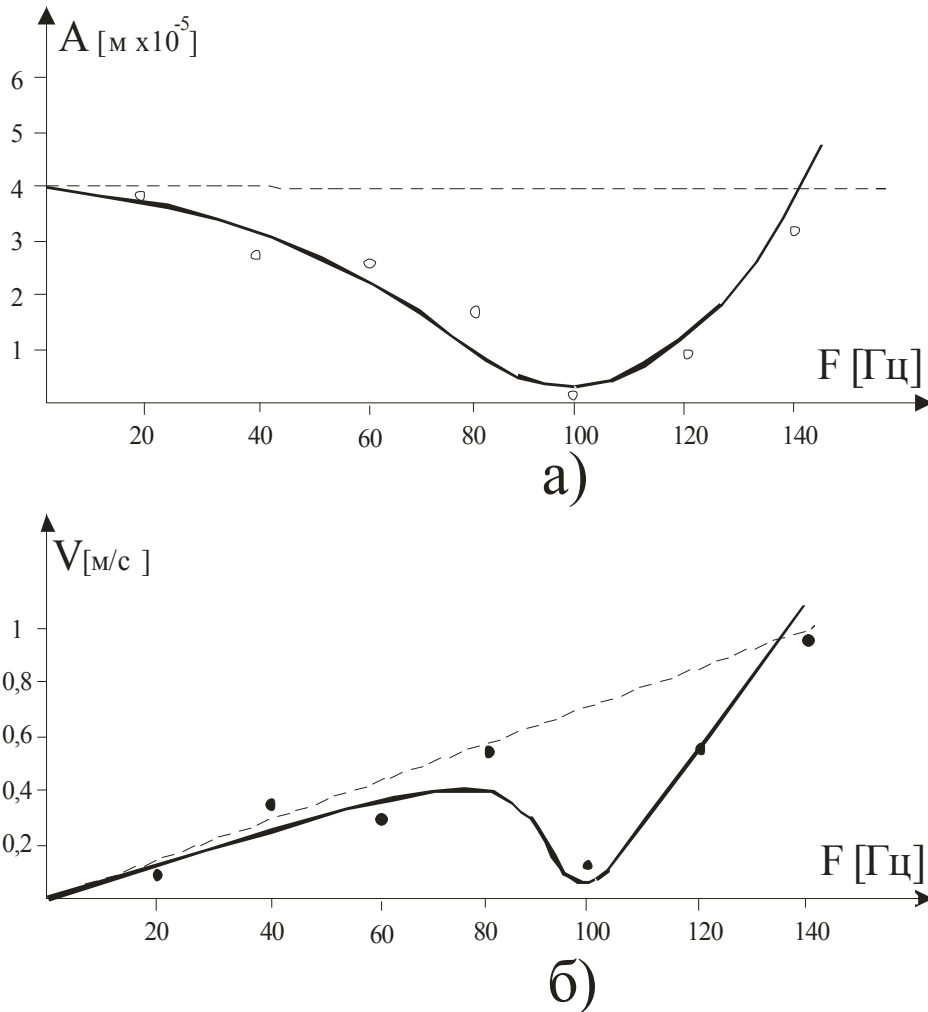


Рис. 2 – Частотные характеристики фрикционного регистратора: а) амплитудная, б) скоростная

Если в результате расчета окажется, что необходимые силы трения различаются более, чем в два раза, и один регистратор неспособен зафиксировать динамические перегрузки на всех существенных частотах спектра, то следует использовать гамму (набор) регистраторов с различными характеристиками, которые перекрывают диапазон возможных перегрузок объекта.

Спроектированный по предложенной методике регистратор позволяет в процессе эксплуатации вести непрерывный учет динамических воздействий на объект нарастающим итогом, что дает возможность судить о выработке ресурса объекта и степени пригодности его к использованию.

Выводы. Как следует из вышеизложенного, для правильного выбора параметров регистратора необходимо согласовывать его рабочий диапазон частот со спектром частот нагружения и с динамической частотной характеристикой чувствительности груза (например, заряда взрывчатого вещества). При этом наиболее опасные частоты нагружения зарядов определяются по способу [1], а для регистрации вибраций с этими частотами можно использовать повышенную чувствительность регистратора в диапазоне частот $0,8\omega_c < \omega < 1,4\omega_c$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Регистратор ударов 2503. Каталог продукции фирмы «Bruel&Kjaer», Denmark.
2. Петренко А.В., Вамболь С.А., Мищенко И.В. Исследование характеристик фрикционного регистратора накопленных динамических перегрузок // Бизнес-мост. Промышленность и технологии, №4, 2006.
3. Патент Российской Федерации 2259560 /А.В.Петренко. Способ определения характеристик чувствительности взрывчатых веществ к динамическим нагрузкам. Опубл. 27.08.2005. Бюл.№24.

УДК 614.8

*Пономарьов В.О., викл., УЦЗУ,
Кулаков О.В., канд. техн. наук, заст. нач. каф., УЦЗУ,
Райз Ю.М., викл., УЦЗУ*

ІМОВІРНІСТЬ ВІДМОВИ КАБЕЛЬНОГО ВИРОБУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЗМІНИ ОПОРУ ЙОГО ІЗОЛЯЦІЇ В ЧАСІ

(представлено д-ром техн. наук Куценком Л.М.)

На прикладі кабелів марок АВВГ 4x10 та ВВГ 4x95 отримано теоретичні залежності опору ізоляції кабельного виробу (КВ) від часу його експлуатації та часу експлуатації від опору ізоляції. Це дозволяє визначити імовірність відмови КВ при його експлуатації та попередити виникнення надзвичайної ситуації (НС) техногенного характеру

Постановка проблеми. Експлуатація КВ, ізоляція яких втратила електрозахисні властивості, приводить до відмови кабельних ліній, що нерідко стає причиною виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру (пожежі, аварії на інженерних мережах і спорудах життєзабезпечення, тощо [1]).

Втрата ізоляцією електрозахисних властивостей може виникнути як раніше за проектного терміну експлуатації КВ (термін експлуатації КВ вказаних марок встановлений нормативним документом [2]), так і значно пізніше (досвід експлуатації КВ свідчить про те, що кабельні лінії можливо експлуатувати більше терміну, встановленого нормативно, але за умови незначного впливу факторів старіння). Тобто з визначеною імовірністю в залежності від ступеню втрати ізоляцією електрозахисних властивостей (внаслідок впливу факторів старіння) може відбутися відмова КВ. Тому визначення імовірності відмови КВ є актуальною задачею.

Виходячи з того, що “відмова – це подія, яка полягає в порушенні працездатності об’єкту” [3], для КВ відмовою вважаємо досягнення опором ізоляції граничного експлуатаційного значення $R_{гр} = 0,5 \text{ МОм}\cdot\text{км}$ [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Роботи, які б визначали методику визначення ймовірності виникнення НС в залежності від стану ізоляції КВ, системно не виконувалися. Є методика визначення імовірності виникнення пожежі від КВ [5]. Недоліком цієї методики є її руйнівний для кабельної лінії характер.

Постановка завдання та його вирішення. В рамках вирішення проблеми попередження виникнення НС техногенного характеру (пожежі, аварії на інженерних мережах і спорудах життєзабезпечення) внаслідок погіршення властивостей КВ розв'яжемо задачу визначення імовірності відмови КВ в залежності від зміни опору його ізоляції в часі. Для цього використовуємо теорію надійності [6].

Спираючись на роботи професора Стрельнікова В.П. [7], висуваємо гіпотезу про те, що погіршення властивостей ізоляції КВ з часом (старіння ізоляції) відбувається за дифузійно-монотонним (DM) розподілом.

Для визначення залежності імовірності відмови КВ від опору ізоляції пропонується наступний алгоритм: визначається вид залежності опору ізоляції кабелю R від часу t та оцінка адекватності отриманої залежності, далі виражається час експлуатації t через опір R , тобто вирішується зворотна задача, потім визначається імовірність відмови КВ F у залежності від опору ізоляції.

Дослідження проводилися на прикладі кабелів найчастіше використовуваних марок АВВГ 4x10 та ВВГ 4x95 після їх прискореного старіння за методикою [8].

Аналізуючи експериментальні залежності (рис. 1, 2), припускаємо, що опір ізоляції змінюється з часом за показовою функцією

$$R(t) = a_0 e^{a_1 t}. \quad (1)$$

де R , МОм·км – опір ізоляції – визначальний параметр; t , год. – час; a_0 , МОм·км, a_1 , год.⁻¹ – коефіцієнти (параметри) регресії.

Невідомі коефіцієнти a_0 та a_1 підлягають визначенню та статистичній оцінці. Визначення коефіцієнтів проведено методом найменших квадратів [9]. Адекватність моделей перевірено за допомогою критерію Фішера [9]. Отримана математична модель залежності опору ізоляції від часу експлуатації для кабелів марки АВВГ 4x10 та ВВГ 4x95 наведено на рис. 1, 2 разом з експериментальними значеннями.

З обраної моделі отримуємо обернену залежність – залежність часу експлуатації кабельного виробу t від опору його ізоляції R

$$t(R) = \frac{1}{a_1} \ln\left(\frac{R}{a_0}\right). \quad (2)$$

Відомо, що якщо випадкова величина (в нашому випадку – опір ізоляції) розподілена за ДМ-розподілом [6], то і обернена їй випадкова величина також розподілена за цим же законом.

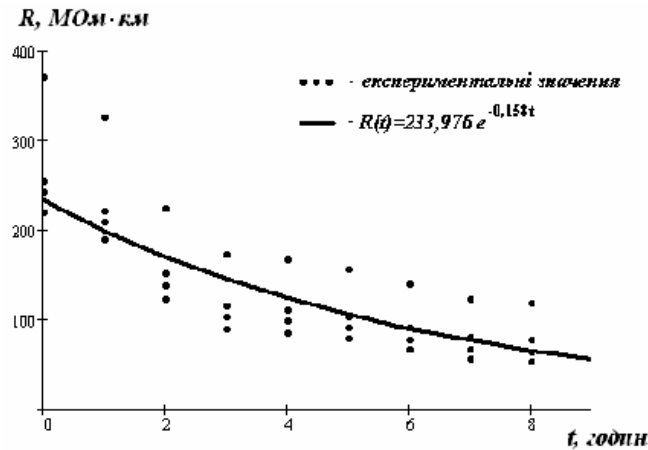


Рис. 1 – Показова модель залежності опору ізоляції від часу експлуатації з накладанням на експериментальні точки для кабелю марки АВВГ 4x10

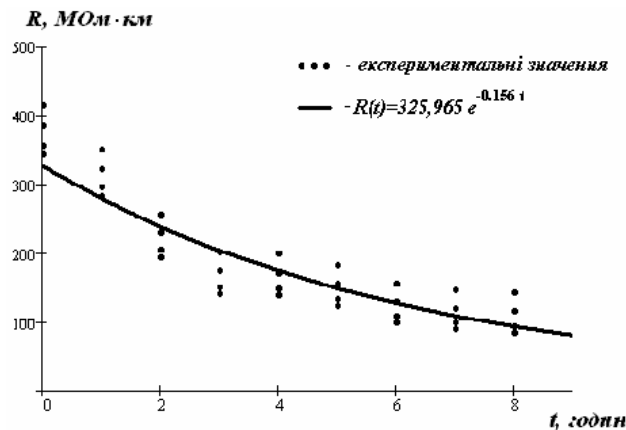


Рис. 2 – Показова модель залежності опору ізоляції від часу експлуатації з накладанням на експериментальні точки для кабелю марки ВВГ 4x95

Застосовуючи вираз (2), визначаємо імовірність безвідмовної роботи ізоляції КВ $P(t) = \Phi\left(\frac{\mu - t}{\nu\sqrt{\mu t}}\right)$ (де P – функція безвідмовної роботи; Φ – функція нормованого нормального розподілу; μ – пара-

Пономарьов В.О., Кулаков О.В., Райз Ю.М.

метр масштабу розподілу; v – параметр форми розподілу [6]) та, відповідно, імовірність відмови ізоляції КВ $F=1-P$ у залежності від опору його ізоляції R (рис. 3).

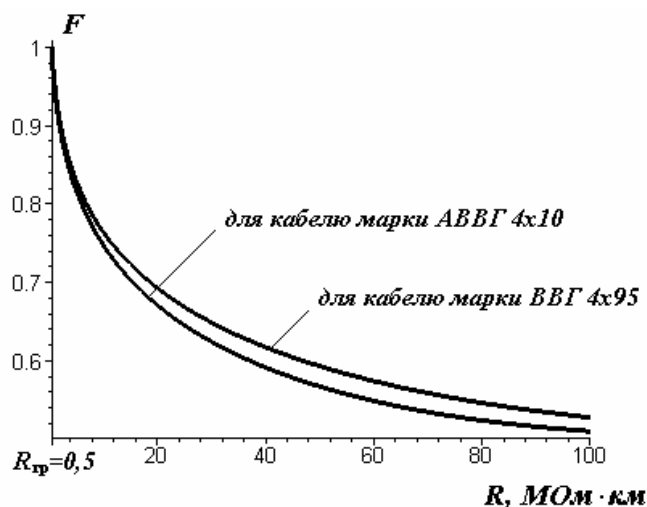


Рис. 3 – Залежності імовірності відмови КВ від опору ізоляції для кабелів марок АВВГ 4x10, ВВГ 4x95

На основі вищевикладеного можливо практично отримати прогноз відмови ізоляції КВ при його подальшій експлуатації. Для цього необхідно лише відслідковувати заміри опору ізоляції протягом всього часу експлуатації КВ та застосовувати побудовані теоретичні залежності $F(R)$.

Висновки. Надано підхід до визначення імовірності відмови КВ в залежності від опору його ізоляції. Це дає можливість прогнозувати відмову КВ при подальшій його експлуатації (зокрема при наближенні опору ізоляції до граничного експлуатаційного стану) та прогнозувати можливість виникнення визначених класів НС техногенного характеру.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України „Про правові засади цивільного захисту”. М. Київ, 24 червня 2004 року № 1859-IV.
2. ГОСТ 24183-80. Кабели силовые для стационарной прокладки. Общие технические условия. Введ. 01.01.82. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 33 с.

3. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. Введ. 01.07.90. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 37 с.
4. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. – Х.: Изд-во “Форт”, 2003. – 264 с.
5. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования. Введ. 01.07.92. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 78 с.
6. ДСТУ 3433-96. Надежность техники. Модели отказов. Основные положения. Введ. 01.01.99. – Киев: Госстандарт Украины, 1998. – 42 с.
7. Стрельников В.П. Оценка остаточного ресурса на основе измерения диагностических параметров // Системотехніка. – 2003. - № 1. – с. 25-34.
8. ГОСТ 16442-80. Кабели силовые с пластмассовой изоляцией. Технические условия. Введ. 01.01.82. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1999. – 22 с.
9. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей. - М.: Высшая школа, 1999. - 576 с.

УДК 614.8

*Пруський А.В., ад'юнкт, УЦЗУ,
Калугін В.Д., д-р хім. наук, проф., УЦЗУ*

ГАЗОВІ ПОЖЕЖНІ СПОВІЩУВАЧІ НА БАЗІ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ СЕНСОРІВ. ПИТАННЯ ХИБНИХ СПРАЦЮВАНЬ

Проведено обґрунтування актуальності використання напівпровідникового датчика (НПД) у газовому пожежному сповіщувачі (ГПС) системи пожежної сигналізації (СПС). На основі аналізу складу повітря та продуктів тління деревини запропоновано для зниження кількості хибних спрацювань ГПС розраховувати технічні характеристики останніх на монооксид вуглецю (СО)

Постановка проблеми. Застосування напівпровідникового датчика на основі SnO₂ як джерела первинної інформації системи пожежної сигналізації з метою раннього виявлення пожежі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні дослідження по газовиділенню при тлінні горючих речовин та матеріалів показали, що поряд із великою кількістю органічних речовин завжди спостерігається присутність діоксиду вуглецю (CO_2), монооксиду вуглецю (CO) та водню (H_2). Їх співвідношення у часі та за температурою процесу піролізу однакові для більшості горючих матеріалів, що потребує селективного виміру концентрації цих компонент для виключення хибних спрацювань ГПС на основі НПД від різних побутових матеріалів та явищ (фарби, парфуми, приготування їжі, алкоголь) при нормальних умовах [1].

Постановка завдання та його вирішення. Хибні спрацювання ГПС на базі напівпровідникового датчика під час контролю хімічного складу продуктів тління горючих матеріалів (виявлення первинної стадії пожежі): шляхи їх зниження та виключення з метою підвищення ефективності системи пожежної сигналізації.

Пожежі в житловому секторі є найбільш розповсюдженими в усіх країнах світу, не виключенням є і Україна. В середньому 70-80% від загальної кількості пожеж та загорянь в країні припадає на житловий сектор, а матеріальні збитки при цьому становлять 50-60% від загальних та постійно зростають (рис. 1). Більш 90% загальних від пожеж приходить на ці пожежі (рис. 2) [2,3,4,5].

Наведені статистичні дані вражають. Але є можливість їх значного зниження, а при деяких умовах і повного виключення деяких показників. Це стає можливим при використанні ГПС для виявлення ранньої стадії пожежі – тління, газоподібні продукти (несконденсовані гази) якої не можуть бути виявлені при використанні існуючих пожежних сповіщувачів (теплових, димових, на полум'я тощо).

ГПС на основі газових сенсорів мають дуже велику чутливість (низький поріг спрацювання) і тому здатні виявити та попередити розвиток пожежі на самій початковій її стадії – тирмічній деструкції горючого матеріалу - тлінні. Таким чином, при масовому використанні ГПС, в першу чергу в житловому секторі та в суспільних будівлях і спорудах (за даними статистики на ці будівлі припадає максимальна кількість пожеж в державі [2,3,4,5]), можливе значне зменшення кількості пожеж та загиблих на них, а також - матеріальних збитків від пожеж. Але ця проблема повинна вирішуватися в рамках державних програм підвищення рівня пожежної безпеки країни при умові вагомого державного фінансування та контролю.

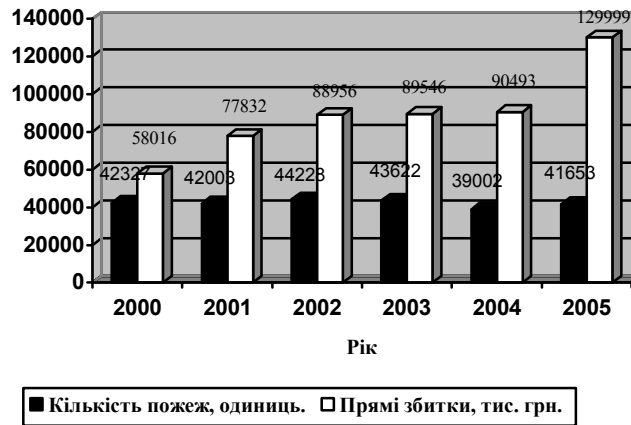


Рис. 1 – Розподіл кількості пожеж та загорянь і матеріальних збитків від них в житловому секторі України по роках

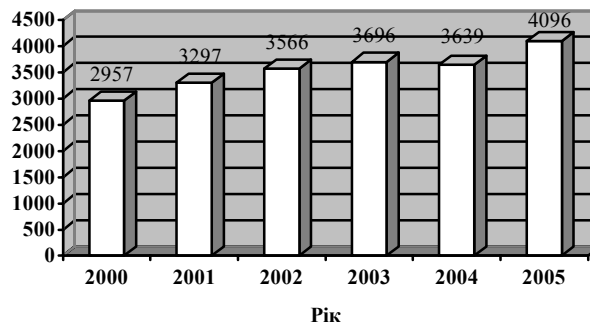


Рис. 2 – Кількість загиблих внаслідок пожеж у житловому секторі України по роках

На початковій стадії пожежі, коли термічно розкладається ще невелика кількість горючої речовини, піролітичних газів (CO , CO_2 , H_2 , вуглеводнів (C_xH_y) та ін.) у приміщенні дуже мало. Тому при використанні ГПС для раннього виявлення пожежі газові датчики повинні мати дуже низький поріг спрацювання. При цьому в якості газових сенсорів можуть використовуватися різні за принципом дії датчики (термокаталітичні, термокондуктометричні, електрохімічні, оптичні, напівпровідникові тощо). Однак, як видно з таблиці 1, лише напівпровідникові сенсори мають динамічний діапазон на чотири порядки, що дозволяє одночасно використовувати їх для виявлення продуктів піролізу та контролю зміни концентрацій пожежовибухонебезпечних газів [1].

З таблиці 1 видно, що саме напівпровідникові датчики найбільш відповідають умові мінімального порога спрацювання на

такі продукти піролізу як монооксид та діоксид вуглецю, метан, пропан, водень, а тому максимально ефективні для використання у газових пожежних сповіщувачах системи пожежної сигналізації.

Таблиця 1 – Пороги спрацювання (концентраційні діапазони) використання сенсорів для виявлення пожежовибухонебезпечних (метан, водень, пропан, пари спиртів) і токсичних газів (хлор, монооксид вуглецю тощо)

Сенсори	Концентрація компонента, що виявляється, % об.							
	0,00001	0,0001	0,001	0,01	0,1	1	10	100
Сенсори для горючих газів: CH ₄ , C ₃ H ₈ , H ₂ , пари спиртів	Напівпровідникові							
				Термокаталітичні				
				Термокондуктометричні				
Сенсори для токсичних газів: CO, H ₂ S, Cl ₂	Напівпровідникові					Термокаталітичні		
	Електрохімічні (з попереднім концентруванням)							
				Оптичні, ІЧ-спектру				

Однак, при таких малих концентраціях компонентів повітряного середовища, що потребують виявлення, виникає актуальне та своєчасне питання хибних спрацювань при використанні газових пожежних сповіщувачів на базі будь-яких сенсорів, а в нашому випадку - напівпровідникових. Тому постає задача селективного розподілу сумарного сигналу сповіщувача, що представляє собою більш важчу задачу в експериментальному плані.

Для цього проаналізуємо склад атмосферного повітря при нормальних умовах (на рівні моря при температурі 15°C та тиску 101325 Па) [7] (див. табл.2):

З таблиці 2 видно, що до складу атмосферного повітря не входить монооксид вуглецю (CO), дуже малий вміст CO₂ (0,02% об.) та H₂ (0,5 · 10⁻⁴% об.).

При цьому необхідно проаналізувати склад газового середовища, що утворюється під час піролізу горючих речовин та метеріалів. З урахуванням даних про те, що в середньому кожен рік біля 74% пожеж від загальної кількості по державі відбувається в житловому секторі [2,3,4,5], а також - основою горючого навантаження (~50% по масі) для цих споруд є дерев'яні вироби різного призначення – тобто деревина [6], необхідно проаналізувати склад продуктів піролізу деревини.

Газові пожежні сповіщувачі на базі напівпровідникових сенсорів.
Питання хибних спрацювань

Таблиця 2 – Склад атмосферного повітря

Речовина	Молекулярна маса, а.о.м.	Об'ємний вміст, %	Кількість молекул на 1 см ² вертикального стовбчика
N ₂	28,0134	78,084±0,004	1,678 · 10 ²⁵
O ₂	31,998	20,946±0,002	4,501 · 10 ²⁴
Ar	39,948	0,934±0,001	2,007 · 10 ²³
CO ₂	44,009	0,030±0,003	7,09 · 10 ²¹
Ne	20,179	(1,818±0,004)10 ⁻³	3,89 · 10 ²⁰
He	4,0026	(5,24±0,004)10 ⁻⁴	1,13 · 10 ²⁰
CH ₄	16,043	~2,2 · 10 ⁻⁴	-
Kr	83,80	(1,14±0,01)10 ⁻⁴	2,45 · 10 ¹⁹
NO ₂	46,005	(0,5±0,1)10 ⁻⁴	-
H ₂	2,0158	~0,5 · 10 ⁻⁴	-
Xe	131,30	(8,7±0,1)10 ⁻⁶	1,87 · 10 ¹⁸
Озон	-	(0 - 0,07)10 ⁻⁴	-
Сухе повітря	28,966	100,0	2,149 · 10 ²⁵

Тління деревини – процес термічного розкладання деревини в умовах практичної відсутності кисню при температурі до 450°C з утворенням газоподібних продуктів – монооксиду та діоксиду вуглецю, водню, метану, вуглеводнів тощо, рідких речовин та твердого залишку – вуглецю. Газоподібні та рідкі продукти виділяються у вигляді газоподібної суміші. Тому розглянемо за температурою, як можна розподілити етапи тління та продукти, що при цьому виділяються (див. табл. 3):

Таблиця 3 – Види продуктів, що виділяються, в залежності від температури процесу тління деревини

Температура, °C	Продукти, що виділяються
120 - 150	H ₂ O (пара)
150 - 275	CO, CO ₂ , оцетова кислота, інші.
275 – 400	CO, CO ₂ , CH ₄ , ефіри, карбові сполуки, вуглеводні, оцетова кислота (її гомологи), метанол, смола
400 – 450	важка смола, CO ₂ , CO, H ₂ , вуглеводні

При тлінні деревини в середньому утворюється приблизно 24-25% вуглецевого залишку, 50-55% рідких та 22-23% газоподібних продуктів по об'єму. Газоподібні продукти (гази, що не конденсуються) вміщують діоксид (45-55 % об.) і монооксид (28-32%

об.) вуглецю, водень (1-2% об.), метан (8-21% об.) та інші вуглеводні (1,5-3% об.) [8]. Склад цих газів залежить від породи, якості та вологості деревини, температури тління. Про це свідчать наступні результати експериментальних досліджень (див. табл. 4) [9]:

Таблиця 4 – Вихід продуктів при тлінні деревини різних пород

Назва продукту	Вихід продукту в % від абсолютно сухої деревини	
	береза	сосна
Вуглецевий залишок	31,80	37,83
Діоксид вуглецю	9,96	10,13
Монооксид вуглецю	3,32	3,74
Метан	0,54	0,59
Неграничні вуглеводні	0,19	0,23
Оцетова кислота	7,08	3,50
Метиловий спирт	1,60	0,88
Ацетон	0,19	0,18
Метилацетат	0,02	0,01
Смола розчинна	8,15	8,03
Смола відстойна	7,93	11,79
Вода	27,81	22,27

Аналіз наведених даних по тлінню деревини свідчить лише про той факт, що для раннього виявлення пожежі, до появи основних її ознак – значного підвищення середньооб'ємної температури приміщення, появи диму та полум'я, де вступають в дію теплові, димові, пожежні сповіщувачі полум'я та інші види пожежних сповіщувачів, необхідно зафіксувати першу стадію (фазу) пожежі – виявлення основних продуктів тління горючих речовин: CO та CO₂, а точніше – концентрацію CO, так як на стадії піролізу, про що свідчать результати експериментальних досліджень (рисунок 3) [10], відношення концентрацій ($[CO]/[CO_2]$) на стадії тління деревини (TF2) складає $\sim 0,4$, а на стадії горіння деревини (TF1) це відношення знижується до $\sim 0,01$, тобто - в 40 раз.

З метою запобігання хибних спрацювань серед газових пожежних сповіщувачів на базі напівпровідникових датчиків необхідно взяти до уваги те, що у складі повітря початково монооксид вуглецю (CO) відсутній (таблиця 2). З цього слідує, що максимально відповідає умові виключення хибних спрацювань ГПС лише один продукт піролізу горючих речовин – монооксид вуглецю (CO). Саме на даний компонент необхідно розраховувати, встановлюва-

ти та тестувати основні технічні характеристики напівпровідникових датчиків газових пожежних сповіщувачів, а саме: поріг спрацювання (% об.) та інерційність спрацювання (с.).

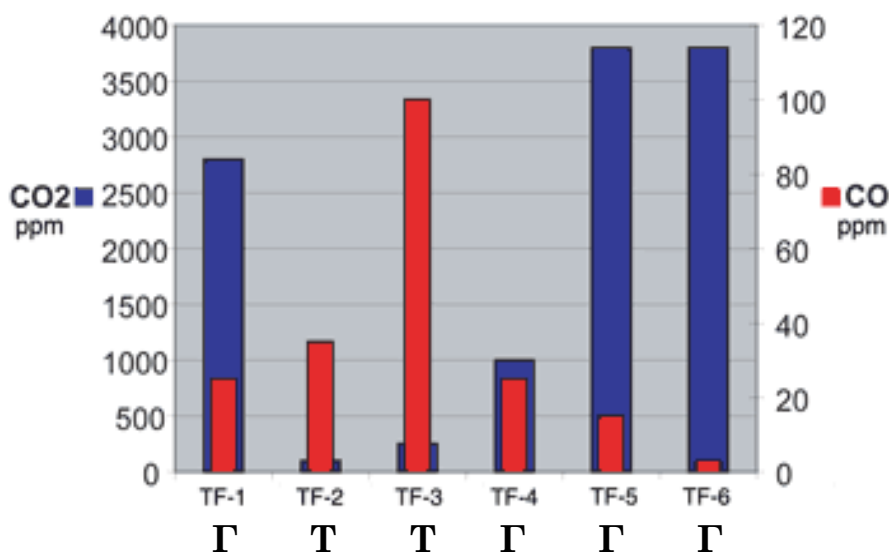


Рис. 3 – Пожежні випробування за європейськими нормами (EN) на CO та CO₂ (TF1 – горіння деревини, TF2 – тління деревини, TF3 – тління хлопку, TF4 - горіння пенополіуретану, TF5 - горіння гептану, TF6 - горіння спирту). Позначення: Т – тління, Г – горіння. (1 ppm=1*10⁻⁴% об.)

Необхідно відзначити, що проблемі хибних спрацювань пожежних сповіщувачів присвячена велика кількість експериментальних досліджень та наукових праць у всьому світі, які, як правило, пропонують використання комбінованих пожежних сповіщувачів на базі газового, теплового, димового датчиків тощо. Проведені експериментальні дослідження [10] підтверджують перевагу таких систем первинної інформації перед монодатчиковими за критеріями виявлення пожежі та зниження кількості хибних спрацювань, але повністю не вирішують проблему хибних спрацювань.

Висновки. Проведено обґрунтування актуальності та доцільності використання напівпровідникового датчика як чутливого елемента для газового пожежного сповіщувача системи пожежної сигналізації з метою раннього виявлення пожежі - на стадії тління. Показано, що напівпровідниковий багатокомпонентний (на основі SnO₂) сенсор у порівнянні із іншими типами датчиків (термокондуктометричні, термokatалітичні, термохімічні, оптичні, ІЧ-спектру тощо) має суттєво менший поріг спрацювання та більший діапазон дії за концентрацією.

На основі аналізу складу повітря та продуктів тління деревини (згідно експериментальних даних) запропоновано для зниження кількості хибних спрацювань газового пожежного сповіщувача на базі напівпровідникового сенсора розраховувати технічні характеристики останнього лише на один продукт термічного розкладу (тління) деревини – монооксид вуглецю (СО).

ЛІТЕРАТУРА

1. А.А. Васильев, И.М. Олихов, А.В. Соколов. Газовые сенсоры для пожарных извещателей. // Электроника: Наука, Технология, Бизнес, 2005, №2 – С. 24-27.
2. Загальні дані про пожежі та наслідки від них в Україні за 2002 рік. Київ. МНС України.
<http://mns.gov.ua/firestat/2002.ua.php?m=b4&p=1>.
3. Моніторинг стану з пожежами та їх наслідками в Україні за 2003 рік. Київ. МНС України.
<http://mns.gov.ua/firestat/2003.ua.php?m=B4&p=1>.
4. Моніторинг стану з пожежами та їх наслідками в Україні за 2004 рік. Київ. МНС України.
<http://mns.gov.ua/firestat/2004.ua.php?m=B4&p=1>.
5. Якименко О., Климась Р. Стан із пожежами та наслідками від них на Україні за 2005 рік // Пожежна безпека. 2006. №2(77). – С. 32 - 33.
6. Ми Зуи Тхань. Горючая загрузка в современных жилых помещениях // Пожаровзрывобезопасность. – 2005. Т. 14, №4 – С. 30 – 37.
7. Таблицы физических величин. Справочник. Под ред. акад. И.К. Кикоина. М., Атомиздат, 1976, 1008 с.
8. Гордон Л.В., Скворцов С.О., Лисов В.И. Технология и оборудование лесохимических производств: Учебник. - 5-е изд., доп. и перераб. - М.: Лесн. пром-сть, 1988. - 356 с.
9. Технология и оборудование лесохимических производств: Учеб. пособие / Л.В. Гордон, В.В. Фефилов, С.О. Скворцов, Г.Д. Атаманчуков. – 3-е изд., перераб.- М., 1969.- 366 с.
10. Скорфильд С. Мировые тенденции развития рынка пожарных извещателей (техника и технологии: прошлое, настоящее и будущее) // "Системы безопасности", №1(55)-2004.
(http://ss.groteck.ru/articles2/OPS_sign/mirovie_tendencii).

УДК 614.8

*Садковой В.П., канд. психол. наук, ректор, УГЗУ,
Абрамов Ю.А., д-р техн. наук, гл. науч. сотр., УГЗУ*

ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ ВОДЫ

Получены переходная и передаточная функции многоканальных распылителей центробежного типа

Постановка проблемы. При ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций достаточно часто используются распылители воды (РВ). Такие РВ применяются при дезактивации, дезинфекции, при тушении пожаров в замкнутых объемах и др.

Повышение эффективности систем с использованием РВ неразрывно связано с совершенствованием их технических характеристик. Следует отметить, что кардинальное решение проблемы по повышению эффективности систем такого типа может быть осуществлено с использованием кибернетических подходов, которые, в частности, в общем случае априори предполагают наличие достаточно строгого математического описания процессов, происходящих в элементах системы.

Анализ последних исследований и публикаций. Распыление жидкостей рассматривается в многочисленной литературе [1 – 4]. Можно привести примеры по изучению этих процессов применительно к восстановлению жизнедеятельности на морских судах [5, 6] и др. Однако во всех публикациях касательно РВ не рассматриваются их динамические характеристики в кибернетических терминах.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является определение динамических характеристик РВ центробежного типа, принадлежащих к классу переходных и передаточных функций систем с сосредоточенными параметрами.

В [7] было показано, что движение жидкости в канале описывается уравнением вида

$$\frac{\partial U_x}{\partial t} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left[\frac{\partial^2 U_x}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial U_x}{\partial r} \right], \quad (1)$$

где U_x – проекция скорости движения жидкости вдоль продольной оси канала; p – давление; ρ_0, ν – плотность и коэффициент кинематической вязкости жидкости соответственно.

Умножим все члены этого уравнения на $2\pi r dr$ и проинтегрируем их по переменной r на интервале $[0, r_0]$, где r_0 – радиус цилиндрического канала. При этом учтем, что

$$2\pi \int_0^{r_0} r U_x dr = Q; \quad 2\pi \int_0^{r_0} r p dr = \pi r_0^2 p, \quad (2)$$

где Q – расход жидкости, протекающей в данный момент времени через сечение канала, площадь которого равна πr_0^2 .

Кроме того, в соответствии с законом вязкого трения Ньютона введем в рассмотрение касательное напряжение на стенке канала

$$\tau_n = -\rho_0 \nu \left. \frac{\partial U_x}{\partial r} \right|_{r=r_0}. \quad (3)$$

Тогда уравнение (1) можно переписать следующим образом

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{2\pi r_0}{\rho_0} \tau_n = -\frac{\pi r_0^2}{\rho_0} \cdot \frac{\partial p}{\partial x}. \quad (4)$$

Проинтегрируем это уравнение по x на интервале $[0, l]$, где l – длина канала с жидкостью, и учтем, что для ламинарного движения жидкости имеет место соотношение [8]

$$\tau_n \cong \frac{4\nu r_0}{\pi r_0^3} Q. \quad (5)$$

Тогда движение жидкости в канале РВ будет описываться уравнением

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{8\nu}{r_0^2} Q = -\frac{\pi r_0^2}{\rho_0 l} \Delta p, \quad (6)$$

где $\Delta p = p_2 - p_1$ – перепад давлений на участке канала длиной l .

Если положить, что $\Delta p = -A = \text{const}$, а начальные условия являются нулевыми, то решение уравнения (6) имеет следующий вид

$$Q(t) = K \left(1 - \exp \left(-\frac{t}{T} \right) \right), \quad (7)$$

где K , T – коэффициент передачи и постоянная времени одного канала РВ соответственно, определяемые выражениями

$$K = \frac{\pi r_0^4}{8\nu\rho_0 l}; \quad T = \frac{r_0^2}{8\nu}. \quad (8)$$

Выражение (7) представляет переходную функцию для одного канала РВ, которой можно поставить в соответствие передаточную функцию. Применительно к системе обозначений (8) выражению (7) будет соответствовать передаточная функция

$$W_1(p) = K(Tp + 1)^{-1}. \quad (9)$$

Вследствие того, что РВ содержит несколько каналов, число которых равно n , структурно-динамическую схему такого распылителя можно представить в виде, изображенном на рис. 1, откуда следует выражение для передаточной функции РВ

$$W(p) = \sum_{k=1}^n W_k(p) = nW_1(p) = nK(Tp + 1)^{-1}. \quad (10)$$

Из этого выражения следует, что увеличение числа каналов в РВ приводит к увеличению расхода воды или интенсивности ее подачи в число раз, равное количеству каналов распылителя. Быстродействие многоканального РВ является инвариантным по отношению к числу каналов и определяется вязкостью воды и радиусом канала, что следует из (8). В частности, при $r_0 \approx 5 \cdot 10^{-4}$ м, быстродействие таких РВ составляет порядка 10^{-3} с.

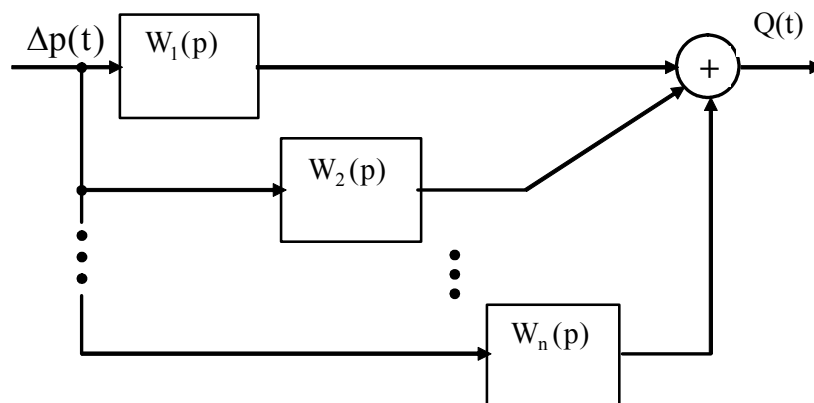


Рис. 1 – Структурно-динамическая схема РВ

Выводы. Получены выражения для переходной и передаточной функций многоканального РВ центробежного типа, что открывает возможности для распространения идей технической кибернетики на синтез систем, содержащих РВ такого типа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бородин В.А., Дидятки Ю.Ф., Клячко А.А., Ягодкин В.И. Распыливание жидкости. – М.: Машиностроение, 1967. – 263 с.
2. Пажи Д.Г., Галуетов В.С. Основы техники распыливания жидкостей. – М.: Химия, 1984. – 145 с.
3. Лышевский А.С. Распыливание топлива в судовых дизелях. – Л.: Судостроение, 1971. – 215 с.
4. Витман Л.А., Кацельсон Б.Д. Распыление жидкости форсунками. – М.: ГЭИ, 1962. – 334 с.
5. Борьба с пожарами на судах. Т.1. Пожарная опасность на судах // Под ред. М.Г. Ставицкого. – Л. Судостроение, 1976. – 136 с.
6. Головин В.Н., Емец А.А. Математическая модель тушения пожара в отсеках кораблей при тонком, объемном распылении воды // Науковий вісник УкрНДІПБ. – К.: УкрНДІПБ, 2001. – Вип. 3 – С. 49 – 53.
7. Абрамов Ю.А., Садковой В.П. Математические модели гидромагистралей систем автоматического пожаротушения // Коммунальное хозяйство городов. – К.: Техніка, 2006. – Вып. 72. – С. 336 – 343.
8. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1970. – 904 с.

Селеенко Е.Е., ст. преп., УГЗУ

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСКАЖЕНИЙ СЛОЖНЫХ СИГНАЛОВ В ЗАДАЧАХ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ

(представлено д-ром техн. наук Абрамовым Ю.А.)

Показано, что при решении задачи обнаружения взрывоопасных предметов, расположенных в толще грунта, а также проведение поисково-спасательных работ на водной поверхности целесообразно использование методов радиолокационного зондирования с применением сложных сигналов. Обоснована необходимость минимизации уровня шумов в спектре излучаемого сигнала до допустимых значений. Проведены исследования характера и уровня внутриполосных искажений излучаемых сложных сигналов с целью определения области и величины минимальной интенсивности искажений

Постановка проблемы. В настоящее время, для подразделений МЧС актуальными остаются задачи обнаружения мин и других взрывоопасных предметов, расположенных в толще грунта, а также проведение поисково-спасательных работ на водной поверхности (поиск людей и материальных средств, оказавшихся в воде в результате чрезвычайной ситуации), далее по тексту – объектов поиска.

Анализ последних исследований и публикаций. Решение этих задач традиционными методами малоэффективно, поскольку, используемые в настоящее время для обнаружения взрывоопасных предметов поисковые системы — детекторы и датчики — не обеспечивают необходимую вероятность правильного обнаружения [1], а поисковые работы на водной поверхности, как правило, осуществляются визуально [2]. Известные же космические системы дистанционного зондирования Земли характеризуются низкой оперативностью получения информации; обладают жесткими ограничениями, связанными с прозрачностью атмосферы и погодными условиями; пространственное разрешение таких систем находится в диапазоне от десятков метров до десятков километров [3,4], что делает нецелесообразным их применение для проведения поисково-спасательных работ.

В этих условиях, для обнаружения и распознавания рассматриваемых объектов поиска возможно применение радиолокационного зондирования сложными сигналами, синтезируемыми на основе цифроаналогового метода [5]. Однако, высокий уровень шумов в спектре отраженного (принимаемого) сигнала, обусловленный рядом естественных факторов [1,5], уменьшает вероятность обнаружения объектов поиска, а значит, ограничивает применение радиолокаторов. Одним из путей снижения уровня шумов в спектре отраженного сигнала является минимизация уровня искажений в спектре излучаемого колебания до допустимых значений [1,5].

Постановка задачи и её решение. Для синтеза сигналов с допустимым уровнем искажений применяются устройства узкополосной следящей фильтрации [5]. Однако, возможности следящих фильтров по уменьшению уровня искажений синтезируемых сигналов не безграничны и составляют 15-30 дБ при полосе пропускания до десятков – сотен кГц [5]. В связи с этим, необходимо исследовать характер и уровень внутриволновых искажений излучаемых сложных сигналов с целью определения области и величины минимальной интенсивности искажений для повышения вероятности обнаружения объектов поиска при радиолокационном зондировании.

В программном синтезаторе вычислительного типа в дискретные моменты времени $t_i = i/f_m$ определяются $K_\varphi(i)$ – коды мгновенных значений фазы формируемого сигнала. Преобразование кодов фазы $K_\varphi(i)$ в коды мгновенных значений напряжения $K_u(i)$ осуществляется в соответствии с функциями синуса либо косинуса при помощи тригонометрического преобразователя.

В результате работы синтезатора сигналов формируются коды мгновенных значений напряжения $K_u(i)$, а в результате цифроаналогового преобразования - квантованное напряжение $U(t)$. Реальные и мнимые части спектральных составляющих синтезированного сигнала находятся с помощью алгоритмов Фурье-анализа

$$\operatorname{Re}(G(m)) = \sum_{i=0}^N \left(U(i) \cos \frac{2\pi m i}{N} + U^*(i) \sin \frac{2\pi m i}{N} \right),$$

$$\operatorname{Im}(G(m)) = \sum_{i=0}^N \left(-U(i) \sin \frac{2\pi m i}{N} + U^*(i) \cos \frac{2\pi m i}{N} \right), \quad (1)$$

где $m = 0, 1, \dots$ – отсчеты БПФ.

Для определения спектральной плотности мощности фазовых шумов сложных сигналов – $G_\phi(m)$ – воспользуемся выражением

$$G_\phi(m) = \left| \Delta G_\phi(m) \right|^2 = \left| G_{\phi u}(m) - G_{\phi p}(m) \right|^2, \quad (2)$$

где $G_{\phi u}(m)$ – значения коэффициентов ФЧС идеального сигнала, $G_{\phi p}(m)$ – значения коэффициентов ФЧС реального сигнала.

Для нахождения $G_\phi(m)$ воспользуемся записью спектральной плотности через ее модуль и аргумент:

$$\begin{aligned} G_I(m) &= |G_I(m)| \cdot \exp(-j \cdot G_{\phi u}(m)); \\ G_P(m) &= |G_P(m)| \cdot \exp(-j \cdot G_{\phi p}(m)). \end{aligned} \quad (3)$$

При перемножении спектра $G_I(m)$ идеального колебания и комплексно-сопряженного спектра $G_P^*(m)$ реального сигнала получаем

$$\begin{aligned} G(m) &= |G_I(m)| \cdot \exp(-j \cdot G_{\phi u}(m)) \cdot |G_P(m)| \cdot \exp(j \cdot G_{\phi p}(m)) = \\ &= |G_I(m) \cdot G_P(m)| \cdot \exp(-j \cdot (G_{\phi u}(m) - G_{\phi p}(m))) = \\ &= |G(m)| \cdot \exp(-j \cdot \Delta G_\phi(m)). \end{aligned} \quad (4)$$

Из выражения (4) находим спектральное распределение фазовых шумов выходного сигнала:

$$\Delta G_\phi(m) = G_{\phi u}(m) - G_{\phi p}(m) = \operatorname{arctg} \left(\frac{\operatorname{Im}(G(m))}{\operatorname{Re}(G(m))} \right). \quad (5)$$

Используя выражение (2) получаем значения спектральной плотности мощности фазовых шумов $G_\varphi(m)$. Спектральную плотность мощности частотных шумов $G_f(m)$, характеризуемую как средний квадрат отклонений частоты сигнала от ее номинального значения под действием шумов на частоте анализа F_m в полосе частот Δf , находим из выражения (6)

$$G_f(m) = G_\varphi(m) \cdot F_m^2. \quad (6)$$

Частота анализа F_m рассчитывается из соотношения $F_m = (i \cdot n / f_m)$, где n – количество отсчетов БПФ. Тогда выражение (6) приобретает вид

$$G_f(m) = G_\varphi(m) \cdot (i \cdot n / f_m)^2. \quad (7)$$

Результаты моделирования показаны на рис. 1

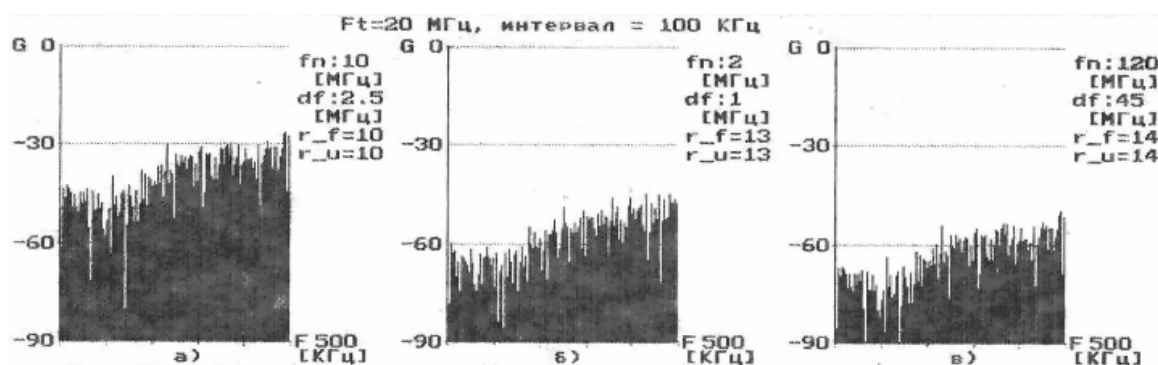


Рис. 1 – Спектральное распределение искажений сигнала

В результате проведенного моделирования установлено, что спектральное распределение искажений сложных сигналов, синтезируемых формирователями поисковых систем, имеет неравномерный характер. Исследование уровня внутриполосных искажений излучаемых сложных сигналов позволило определить область минимальной интенсивности искажений, которая расположена на удалении до 200 кГц от несущей. На удалении более 200 кГц от несущей уровень искажений увеличивается на 15-20 дБ, что делает использование следящего фильтра поисковой системы менее эффективным.

Выводы. При построении устройств формирования сложных сигналов для поисковых систем, решающих задачи обнаружения взрывоопасных предметов, расположенных в толще грунта, а также для проведения поисково-спасательных работ на водной поверхности, необходимо учитывать ширину области минимальной интенсивности искажений при выборе полосы пропускания активного следящего фильтра. Данная рекомендация позволит наиболее эффективно использовать возможности устройств узкополосной следящей фильтрации по снижению уровня искажений синтезируемых сигналов и, как следствие, повысит вероятность обнаружения, распознавания и точность измерения координат объектов поиска при проведении поисково-спасательных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Взрывоопасные объекты. Методы и средства поиска, обнаружения, обезвреживания и утилизации. / Под ред. В.А. Заренкова. — С-Птб, Наука и Техника, 2003. — 354 с.
2. В.А. Акимов, Ю.Л. Воробьев, М.И. Фадеев и др. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера. — М.: Высш. шк., 2006. — 592 с.
3. Кашкин В.Б., Сухинин А.И. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений. М.: Логос, 2001. — 264 с.
4. Красовский Г.Я., Петросов В.А. Введение в методы космического мониторинга окружающей среды. — Харьков, Государственный аэрокосмический университет, 1999. — 206 с.
5. Теория и техника генерирования, излучения и приема радиолокационных сигналов. / Под ред. Ю.Н. Седышева. — ВИРТА, 1986. — 650 с.

*Сенчихин Ю.Н., канд. техн. наук, нач. факультета, УГЗУ,
Каракулин Б.В., зам. нач. ОО ОКЦ ГУМЧСУ в Харьковской обл.,
Сенчихин В.Ю., магистр, УГЗУ*

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ИМИТАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ОБСТАНОВКИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ И МЕТОДИКА ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

(представлено д-ром техн. наук Кривцовой В.И.)

Предлагаются новые средства имитации обстановки чрезвычайных ситуаций виде знаков двух видов, информационные и предупреждающие. Соответственно каждому направлению разработана методика их использования в зависимости от информативности обстановки на конкретном объекте

Постановка проблемы. Для успешного выполнения основной боевой задачи при ликвидации чрезвычайных ситуаций пожарно-спасательные подразделения и руководители подразделений МЧС должны обладать высокой тактической выучкой и боеготовностью. Эти качества во многом зависят от профессиональной подготовки личного состава и тактической подготовки начальствующего состава подразделений и служб МЧС Украины. В связи с усложнением условий обстановки на пожарах, авариях, стихийных бедствиях, появлением новых видов техники и аварийно-спасательного оборудования необходимо обеспечить более высокий уровень профессиональной подготовки личного состава частей и гарнизонов МЧС Украины, который достигается путем проведения тактических и тактико-специальных учений в условиях максимально приближенных к боевым.

Анализ последних исследований и публикаций. При проведении тактических учений и решении пожарно-тактических задач на объектах, оперативные работники пожарно-спасательной службы МЧС применяют для имитации обстановки чрезвычайных ситуаций различные средства. В настоящее время наиболее используемыми являются традиционные, флажки различных цветов (красный - имитирует место горения, синий - места задымления, желтый - места заражения вредными веществами) [1, 2]. А также

дымовые пашки, взрывпакеты и другие применение которых ограничено технологическим процессом объектов.

При исследовании вопроса об информативности обстановки чрезвычайной ситуации данными средствами, для лиц выполняющих боевые действия, можно сделать ряд выводов. А именно, средства имитации в виде флажков практически не отражают даже частичной возможной обстановки, их применение затрудняет показ изменения обстановки, а также не позволяют имитировать различные ситуации на пожаре, аварии. В общем, не дают возможности руководителям подразделения при решении тактической задачи на занятиях и учениях в полном объеме оценить обстановку и принять правильные решения направленные на выполнение боевой задачи по ликвидации чрезвычайной ситуации (ЧС).

Постановка задачи и ее решение. Решая поставленные задачи проведен поиск решений направленных на создание новых средств имитации ЧС, позволяющих повысить качество проведения тактических учений и решений тактических задач за счет имитации не мест обстановки а опасных зон [3,4].

Данные средства предлагаются в виде знаков 2-х видов, информационные (указательно-предписывающие) и предупреждающие.

Первый вид знаков (информационные) содержат информацию об обстановке пожара, аварии, других ЧС которая выражена в 3-х направлениях, в зависимости от факторов ее определяющих. Первое направление информационных знаков обеспечивает имитацию зоны горения, второе - зоны задымления, третье - различных опасных ситуаций на пожаре, аварии и др. Данный вид знаков представлен в виде набора геометрических фигур (круг, квадрат, прямоугольник, треугольник равнобедренный, ромб) имеющих сигнальные цвета в зависимости от направления, соответственно красного, синего, зеленого цветов. Общий вид информационных знаков по направлениям и порядок их использования следующие:

1. Первое направление (имитация зоны горения):

- *Круг* – «Огнем охвачено все помещение», устанавливается перед входом в помещение;
- *Квадрат* – «Огнем охвачено $\frac{1}{2}$ помещения», устанавливается в той части помещения, которая охвачена огнем;
- *Ромб* – «Очаг пожара», устанавливается в помещении или на открытой местности в месте возникновения пожара;

– *Треугольник равнобедренный* – «Направление развития пожара», устанавливается в помещении или на открытой местности так, что бы направление угла показывало направление развития пожара;

– *Прямоугольник* – «Огнем охвачено 100 м² площади», устанавливается в помещении или на открытой местности с указанием на знаке количества м² горящей площади.

2. Второе направление (имитация зоны задымления):

– *Круг* – «Задымление плотное (освещение ФЭГ до 3 метров)», устанавливается в у входа и в помещениях, а так же открытой местности;

– *Квадрат* – «Задымление среднее (освещение ФЭГ до 6 метров)», устанавливается в у входа и в помещениях, а так же открытой местности;

– *Треугольник равнобедренный* – «Направление задымления», устанавливается в помещении или на открытой местности так, что бы направление угла показывало направление задымления.

3. Третье направление (имитация различных опасных ситуаций):

– *Прямоугольник с указанием на знаке креста под извилистой штрихованной линией* – «Люди в завале», устанавливается в помещениях и на открытой местности в разрушенных зданиях и сооружениях;

– *Круг* – «Заражение различными ОВ и РВ», устанавливается в помещениях и на открытой местности подверженных заражению;

– *Прямоугольник с указанием на знаке замкнутой извилистой штрихованной линии* – «Обвал, завал, обрушение», устанавливается в помещениях и на открытой местности в местах обвалов, завалов и обрушений;

– *Ромб* – «Источник заражения ОВ и РВ», устанавливается в помещениях и на открытой местности в эпицентре заражения;

– *Треугольник равнобедренный* – «Направление зоны заражения», устанавливается в помещениях и на открытой местности так, что бы направление угла показывало направление зоны заражения;

– *Квадрат с указанием на знаке креста* – «Гибель людей», устанавливается в помещениях и на открытой местности в предполагаемом месте гибели людей.

Второй вид знаков (предупреждающие) содержат информацию о наличии возможных ситуациях и опасных факторов пожара, аварии. Данный вид знаков представлен в виде геометрической фигуры, равнобедренного треугольника с тонировкой сигнального цвета - желтого, на фоне которого нанесены смысловые значения возможных ситуаций и опасных факторов. Общий вид предупреждающих знаков и порядок их использования следующие:

– *Треугольник равнобедренный с указанием на знаке кружка красного цвета* – «Высокая температура», устанавливается в помещениях и на открытой местности в местах высоких температур, где работать без защитных средств невозможно;

– *Треугольник равнобедренный с указанием на знаке ромбика красного цвета* – «Повышенная температура», устанавливается в помещениях и на открытой местности в местах повышенных температур;

– *Треугольник равнобедренный с указанием на знаке обозначения радиоактивности в виде пропеллера черного цвета* – «Наличие РВ», устанавливается в помещениях и на открытой местности в местах наличия или выхода радиоактивных веществ. Может применяться совместно со знаком «Заражение ОВ»;

– *Треугольник равнобедренный с указанием на знаке обозначения пламени и линии в виде волны черного цвета* – «Растекание ЛВЖ, ГЖ, едких веществ», устанавливается в помещениях и на открытой местности в местах растекания и возможного горения ЛВЖ и ГЖ. Может применяться совместно с другими.

– *Треугольник равнобедренный с указанием на знаке обозначения кружочка со штриховкой сверху над черной линией* – «Истечение газа», устанавливается в помещениях и на открытой местности в местах истечения газа, разрыва газопроводов и повышенных газообразных концентраций. Может применяться совместно с другими.

– *Треугольник равнобедренный с указанием на знаке обозначения черепа с костями черного цвета* – «Наличие ОВ», устанавливается в помещениях и на открытой местности в местах заражения СДЯВ и другими отравляющими веществами. Может применяться совместно со знаком «Заражение ОВ»;

– *Треугольник равнобедренный с указанием на знаке обозначения разломанного шара с расходящимися линиями и полосами по фронту разлома черного цвета – «Наличие ВВ»*, устанавливается в помещениях и на открытой местности в местах взрывов технологического оборудования и других взрывчатых веществ;

– *Треугольник равнобедренный с указанием на знаке обозначения снаряда (боеприпаса) черного цвета – «Наличие боеприпасов»*, устанавливается в помещениях и на открытой местности в местах нахождения боеприпасов. Может применяться совместно со знаком «Наличие ВВ»;

– *Треугольник равнобедренный с указанием на знаке обозначения стрелы в виде молнии черного цвета – «Высокое напряжение»*, устанавливается в помещениях и на открытой местности в местах наличия электроустановок под напряжением. Может применяться совместно с другими;

– *Треугольник равнобедренный с указанием на знаке обозначения в виде ломаного овала с нанесением рисок по контуру овала черного цвета – «Угроза обрушения»*, устанавливается в помещениях и на открытой местности в местах обрушения конструкций зданий и технологического оборудования. Может применяться совместно с другими;

– *Треугольник равнобедренный с указанием на знаке бегущего человечка черного цвета – «Наличие людей»*, устанавливается в помещениях и на открытой местности в местах нахождения людей в опасных зонах. Применяется совместно с другими.

Новые средства имитации имеют определенные технологические требования и предлагаются в следующем исполнении. Геометрические фигуры знаков выполняются плоскими, с размерами: круг диаметром 250 мм, квадрат со сторонами 250 мм, прямоугольник со сторонами 250x180 мм, треугольник равнобедренный со сторонами 200 мм, ромб по высоте 250 мм и ширине 200 мм. Материал для изготовления, металл (титан) с тонировкой сигнальных цветов или пластмасса (можно цветная) с нанесением символов. Тонировка знаков и нанесение на них символов предполагается флуоресцентными красками или специальными пленками. К основанию знака крепится съемный штырь с заостренным концом длиной 250 мм, который выполнен из металлического прута диаметром 3-5 мм, что обеспечивает установку предлагаемых средств имитации.

Выводы. Таким образом, новые средства имитации обстановки чрезвычайных ситуаций являются наиболее информативными, не трудоемкими в исполнении и наиболее эффективными в отличии от традиционных.

Методика применения новых имитационных средств позволит личному составу и начальствующему составу подразделений МЧС, выступающих в роли руководителей ликвидации ЧС, на более качественном уровне отрабатывать действия по ликвидации аварий, катастроф и стихийных бедствий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ключ П.П, Палюх В.Г., Пустовой А.С., Сенчихин Ю.М., Сировой В.В. Пожежна тактика. - Х.: Основа, 1998. - 592 с.
2. Аветисян В.Г., Хянникяйнен А.И. Тушение пожаров и выполнение спасательных работ при химических заражениях. – Харьков: ХИПБ МВД Украины, 1998. – 123 с.
3. "Вказівка по тактичній підготовці начальницького складу Державної пожежної охорони України", затверджена ГУДПО 30.12.98 р.
4. Адаменко М.І., Гелета О.В., Федюк І.Б. Аварійно-рятувальні та аварійно-відбудовні роботи. – Х.: Харк. друкарня №16, 2002. – 65 с.

Соболь О.М., канд. техн. наук, докторант, УЦЗУ

МОДЕЛЮВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗБИВАННЯ МІСТА НА РАЙОНИ ВИЇЗДУ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ

(представлено д-ром техн. наук Комяк В.М.)

В роботі наведено моделювання раціонального розбивання міста на райони виїзду пожежно-рятувальних підрозділів з використанням заданого нормативного часу прибуття підрозділу до місця надзвичайної події

Постановка проблеми. Захист населення, об'єктів економіки, національного надбання від згубного впливу надзвичайних ситуацій техногенного, природного або іншого характеру є основною складовою функціонування Єдиної державної системи цивільного захисту населення і територій (ЄСЦЗ). Значні зусилля центральних та місцевих органів виконавчої влади спрямовуються на підвищення рівня захищеності населення і територій від надзвичайних ситуацій, однак ці дії супроводжуються рядом проблем, серед яких велике значення має проблема розподілу сил, засобів та ресурсів цивільного захисту. Так, в Національній доповіді про стан техногенної та природної безпеки України у 2004 році зазначено, що серед основних проблем цивільного захисту є наступні:

- послаблення захищеності територій внаслідок прискореного та науково не обґрунтованого реформування військ цивільної оборони;
- серйозні складності при комплектуванні особового складу за контрактом регіональних та територіальних загонів Оперативно-рятувальної служби.

В Національній доповіді про стан техногенної та природної безпеки України у 2005 році зазначено, що до проблемних питань відноситься наступне:

- недостатні регіональні запаси матеріальних засобів на випадок надзвичайних ситуацій.

Вказано, що зазначені проблемні питання мають бути під постійною увагою центральних та місцевих органів виконавчої влади, а їх вирішення - пріоритетними завданнями в галузі техногенно-природної безпеки.

Таким чином, можна зробити висновок, що проблема раціонального розподілу сил, засобів та ресурсів цивільного захисту є актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботі [1], відповідно до цілей, принципів та завдань цивільного захисту [2], було виконано декомпозицію ЄСЦЗ на основні підсистеми 2-х рівнів. В роботі [3] наведено ряд задач геометричного проектування, що виникають у підсистемах ЄСЦЗ, серед яких більшість являють собою задачі раціонального розподілу сил та засобів цивільного захисту. В роботі [3] також зазначено, що більшість наведених задач геометричного проектування відносяться до задач раціонального розбивання певної точкової множини на підмножини (наприклад, раціональне розбивання певної області на райони обслуговування підрозділами відповідних служб). Методи та алгоритми розв'язання задач розбивання наведено в роботах [4] та [5], але зазначені методи та алгоритми далеко не завжди можна застосувати до задач, що характерні для сфери цивільного захисту.

Постановка завдання та його вирішення. В даній роботі розглянемо моделювання розбивання певної області (наприклад, міста) на райони виїзду підрозділів пожежно-рятувальної служби (одна із задач раціонального розподілу сил та засобів цивільного захисту).

Змістовна постановка задачі наступна. Нехай задана деяка множина S_0 (місто) у просторі R^2 , яка у загальному випадку є неопуклою та багатозв'язною і являє собою φ - об'єкт [6]. Необхідно розбити задану множину на мінімальну кількість підмножин S_i (райони виїзду пожежно-рятувальних підрозділів), $i = 1, \dots, n$, таким чином, щоб кількість підмножин була мінімальною, підмножини не перетиналися, будь яка точка множини S_0 належала певній підмножині S_i , та час слідування між двома найвіддаленішими точками S_i не перевищував заданий. Тобто

$$\min_{x \in W} n(x), \quad (1)$$

де W

$$\left(\bigcup_{i=1}^n S_i \right) \cap cS_0 = \phi; \quad (2)$$

$$\left(\bigcup_{i=1}^n S_i \right) \cap S_0 = S_0; \quad (3)$$

$$S_i \cap S_k = \emptyset; \quad (4)$$

$$T_{\max}(S_i) \leq 2T^*; \quad (5)$$

$$i, k = 1, \dots, n; i \neq k;$$

причому $S_0 \cup cS_0 = R^2$.

Тут $T_{\max}(S_i)$ – максимальний час слідування пожежно-рятувального підрозділу між двома найвіддаленішими точками району виїзду S_i , $i = 1, \dots, n$; T^* – заданий час прибуття пожежно-рятувального підрозділу у найвіддаленішу точку району виїзду.

Необхідно відзначити, що обмеження (2) являє собою умову належності підмножин множині розбивання, обмеження (3) – умову розбивання всієї множини, обмеження (4) – умову взаємного неперетину підмножин розбивання, обмеження (5) – додаткову умову розбивання.

Математична модель та метод розв'язання даної задачі наведено у роботі [7], але побудова підмножин розбивання S_i , $i = 1, \dots, n$, на відміну від [7], здійснюється так, як це наведено на рис. 1 ($r = 2V^*T^*$, де V^* – розрахункова швидкість руху пожежно-рятувального автомобіля).

На основі розробленої математичної моделі та метода розв'язання задачі, створено алгоритмічне та програмне забезпечення, результати якого наведені на рис. 2. Слід зазначити, що в даному прикладі розрахункова швидкість пожежно-рятувального автомобіля становила $V^* = 40$ км/год., час прибуття пожежно-рятувального підрозділу у найвіддаленішу точку району виїзду – $T^* \leq 6$ хв. Час розв'язання задачі – 5 хв. Тимчасовим недоліком розробленого програмного забезпечення є те, що воно не враховує реальної сітки доріг міста, рельєфу місцевості та завантаженості доріг.

На рис. 3 наведено результати роботи геоінформаційної системи «ГІС ПО», створеної АТ «СПАЭРО Плюс» (м. Харків) для ГУ

МНС України в Харківській області, причому райони виїзду визначалися виходячи із наступних критеріїв:

А) середньої швидкості руху пожежно-рятувального автомобіля;

Б) часу прибуття пожежно-рятувального підрозділу до місця виклику.

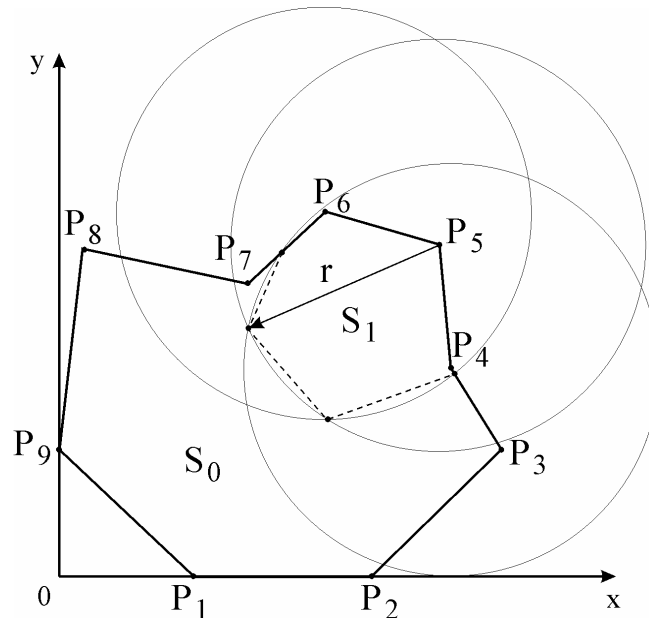


Рис. 1 – Приклад побудови підмножини розбивання S_1

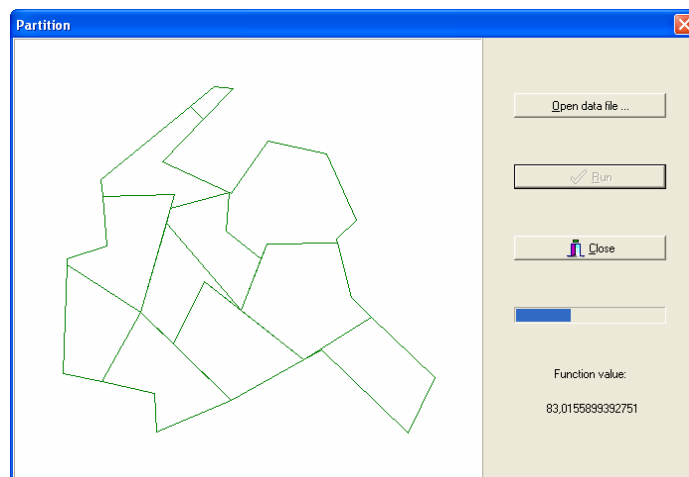


Рис. 2 – Приклад розбивання м. Харкова на райони виїзду пожежно-рятувальних підрозділів

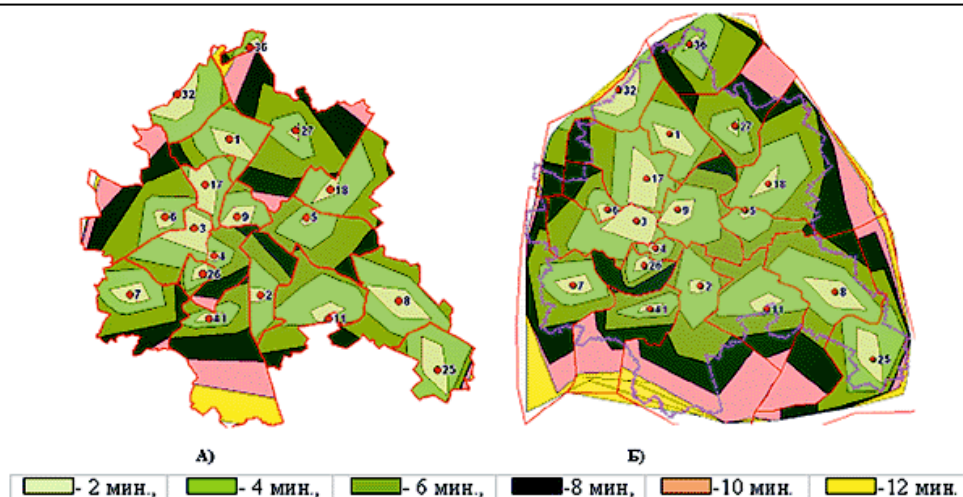


Рис. 3 – Приклад роботи «ГІС ПО» щодо побудови районів виїзду для існуючих пожежних депо м. Харкова

Перевагами розв'язання задачі раціонального розбивання області на райони виїзду пожежно-рятувальних підрозділів є наступні:

- дозволяє отримувати райони із заданим граничним часом виїзду пожежно-рятувального підрозділу, в той час як система «ГІС ПО» для цього не пристосована (наприклад, на рис. 3 можна побачити, що існує значна кількість районів виїзду, де час досягнення найвіддаленішої точки перевищує 6 хв.);

- дозволяє проектувати райони виїзду як з урахуванням, так і без урахування існуючих місць розташування пожежно-рятувальних підрозділів, в той час як «ГІС ПО» дозволяє отримувати границі району виїзду лише у тому випадку, коли задане місце розташування пожежно-рятувального підрозділу;

- дозволяє отримати науково обґрунтовану кількість пожежно-рятувальних підрозділів для забезпечення надійного захисту населення і територій.

Висновки. В даній роботі розглянуто моделювання раціонального розбивання міста на райони виїзду пожежно-рятувальних підрозділів та наведено його переваги у порівнянні з існуючою геоінформаційною системою «ГІС ПО». У подальшому буде розв'язано дану задачу з урахуванням існуючої сітки доріг, рельєфу місцевості, завантаженості доріг і т. ін., та визначено припустимі місця розташування пожежно-рятувальних підрозділів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *В.О. Росоха, В.М. Комяк, О.М. Соболев*. Єдина державна система цивільного захисту населення і територій як складна динамічна система відкритого типу / Науковий вісник будівництва №30. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2005. – Т. 2 – С. 252-255.
2. Закон України від 24.06.2004 р. №1859-IV “Про правові засади цивільного захисту”.
3. *В.М. Комяк, О.М. Соболев*. Єдина державна система цивільного захисту населення і територій та задачі геометричного моделювання, що характерні для її підсистем / Геометричне та комп’ютерне моделювання. – Харків: ХДУХТ. – 2005. - Вип. 11. – С. 25-30.
4. *Е.М. Киселева*. Математические методы оптимального разбиения множеств и их приложения. – Днепропетровск: ДГУ, 1982. – 108 с.
5. *Е.М. Киселева, Н.З. Шор*. Непрерывные задачи оптимального разбиения множеств: теория, алгоритмы приложения: Монография. – К.: Наукова думка. – 2005. – 564 с.
6. *Ю.Г. Стоян, С.В. Яковлев*. Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования. – Киев: Наукова думка, 1986. – 268 с.
7. *О.М. Соболев*. Математична модель та метод розв’язання задач розбивання, характерних для проектування територіально розподілених елементів системи цивільного захисту населення і територій / Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: Фоліо. – 2006. – Вип. 3. – С. 120-127.

*Соловей В.В., д-р техн. наук, зав. отд. термодинамики,
ИПМаш НАН України,
Давидюк О.В., вед. інж., ЗАО «Северодонецкий ОРГХИМ»,
Буц Ю.В., канд. геогр. наук, зав. каф., УГЗУ*

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА РИСКА АВАРИЙ – ОСНОВА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ

Проанализировано прохождение процедуры декларирования безопасности и определены основные недостатки действующей нормативной базы. Рассмотрены методологические и практические вопросы анализа и количественной оценки риска. Определена необходимость дальнейшего развития и совершенствования методов количественной оценки риска. Предложены пути повышения уровня промышленной безопасности на начальных этапах проектирования

Постановка проблемы. О реализации евроинтеграционного вектора Украины, в том числе и в области обеспечения промышленной безопасности, можно судить по принятию в Украине 18.01.2001 г. Закона «Об объектах повышенной опасности», № 2245–14 [1]. Данным Законом предусматривается выполнение ряда мероприятий, в числе которых находятся идентификация и разработка декларации безопасности (далее ДБ) объекта повышенной опасности (далее ОПО), страхование ответственности перед третьими лицами за ущерб, причиненный в случае аварии, разработка планов локализации и ликвидации аварий, информирование общественности и компетентных органов об авариях и наличии опасных производственных объектов. Данные процедуры уже активно работают в странах Евросоюза и России.

Анализ последних исследований и публикаций. Следует отметить, что в данном Законе нашли свое отражение законодательные акты межгосударственного применения: Директива Севезо I и Директива Севезо II (RICHTLINIE 96/82/EG DES RATES vom 9. Dezember 1996 zur Beherrschung der Gefahren bei schweren Unfällen mit gefährlichen Stoffen) [2], с изменениями по состоянию на 31.12.2003 г. Наименование Директивы Севезо II с немецкого переводится так: «Директива 96/82/ЕС Совета от 9.12.1996 г. об

управлении опасностями при тяжелых авариях с опасными веществами».

Законом «Об объектах повышенной опасности» определены такие существенные с позиций современного, научно-обоснованного управления промышленной безопасностью понятия: *потенциально опасный объект, объект повышенной опасности, идентификация объекта повышенной опасности, авария на объекте повышенной опасности, трансграничное воздействие аварии, риск, приемлемый риск, управление риском, декларация безопасности*. Таким образом, в составе процедуры декларирования официально введена и обязательна для исполнения процедура анализа и количественной оценки риска аварий, по результатам которой принимаются управленческие решения о возможности как строительства ОПО, так и дальнейшая эксплуатация объекта, корректируются или утверждаются принятые технические решения, обеспечивающие заданный уровень безопасности. Ответственность получает возможность узнать, какому же риску подвергаются люди, находящиеся вблизи или в удалении от такого объекта.

Европейское Агентство по проблемам окружающей среды, обобщив накопленные сведения об аварийности на промышленных объектах с 1970 по 1996 гг., делает вывод о снижении числа аварий, аварийных утечек нефти на фоне роста интенсивности деятельности промышленных объектов и отмечает действенную, позитивную роль в этом процессе Директивы Севезо II [3]. К такому же выводу пришла и Центральная служба сбора и обработки данных об авариях и нарушениях на технологических установках (ЗЕМА) Германии. В частности ЗЕМА отмечает, что с 2000 г. наблюдается тенденция стабилизации числа аварий в промышленности с незначительным снижением их числа в период с 2000 – 2003 гг. [4].

Специалистами страховой компании НК «ЛУКОЙЛ» и ЗАО «Индустриальный риск» проанализированы сведения об аварийности в Европе, Северной Америке и Среднем Востоке [5]. На основании результатов анализа можно констатировать о позитивном влиянии Директивы Севезо II на уровень промышленной безопасности в тех странах, где она применяется. В Докладе Госгортехнадзора России [6] о состоянии промышленной безопасности, а также по другим обобщенным сведениям Госгортехнадзора, отмечена стабилизация снижения уровня аварийности в промышленности,

начиная с введения федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» № 116-ФЗ от 21.07.1997 г.

Мировая практика процедуры декларирования.

Процедура декларирования промышленной безопасности является интегрирующим этапом обеспечения и управления промышленной безопасностью. Результатом прохождения процедуры декларирования является декларация безопасности (в странах Европейского Сообщества – Sicherheitsbericht (в Германии и других немецко-язычных странах Сообщества), Safety Report (англоязычные страны Сообщества)), разрабатываемая как документ, подготовленный по результатам исследования степени опасности и количественной оценки риска аварий, определения достаточности организационных и технических мероприятий по предупреждению и готовности к локализации и ликвидации аварийных ситуаций и аварий.

Выполнение положений Директивы Севезо II контролируется Европейской комиссией. Страны участники ЕС регулярно каждые три года представляют сведения в рабочий орган Еврокомиссии. Согласно актуальному на сегодняшний день Докладу Еврокомиссии от 8 сентября 2004 г. о проведении Директивы 96/82/ЕС (Севезо II) за период с 2000 по 2002 гг. в ЕС сложилась следующая ситуация:

количество «поддирективных» предприятий старых членов ЕЭС, ед. 3278

количество предприятий старых членов ЕЭС, разработавших декларацию безопасности, % 93,3

количество «поддирективных» предприятий новых членов ЕЭС, ед. 434

количество предприятий новых членов ЕЭС, разработавших декларацию безопасности, % 62,7

Постановка задачи и ее решение. Анализ риска аварий – ключевой этап разработки декларации безопасности.

Отметим, что в Украине разработаны и действуют методики проведения идентификации, разработки деклараций безопасности, определения рисков и их приемлемых уровней, определения ущербов, прогнозирования последствий выброса химических веществ [7–11]. К сожалению, в Украине не разработаны (в [10] даны лишь ссылки на зарубежные источники) методики определения количественных характеристик опасных факторов аварии:

взрыва, огненного шара, вспышечного пожара, факела, токсоволны, эффекты BLEVE и Boilover.

Отдельные из перечисленных методик имеются в России. Представляется очевидным тот факт, что, чем раньше отсутствующие методики, учитывающие результаты мировых исследований, будут разработаны в Украине, тем раньше уровень декларирования в Украине достигнет «проектных показателей» и будет соответствовать Европейскому уровню. Безопасность производств – это не только сохранение здоровья, а иногда и жизни человека, это залог стабильности экономики, защиты окружающей среды и интенсивной привлекательности. ЗАО «Северодонецкий ОРГХИМ», являясь с 1996 г. головной организацией Минпромполитики Украины по вопросам безопасной эксплуатации изотермических хранилищ жидкого аммиака и работающих под давлением хранилищ сжиженных углеводородных газов, проводит ряд исследовательских работ в части методологии анализа и оценки риска аварий.

Ключевым этапом разработки ДБ (анализа безопасности ОПО) является анализ и оценка степени опасности – анализ риска аварий. Частным случаем анализа риска аварий является оценка риска аварий – определение количественных показателей, т.е. риск может и должен нормироваться.

Понятие риска применимо к следующим основным негативным факторам аварии:

- 1) гибель человека/людей – оценка риска гибели людей;
- 2) загрязнение окружающей среды – оценка риска загрязнения окружающей среды;
- 3) причинение материального ущерба – оценка риска материального ущерба.

По результатам анализа и оценки риска аварий определяется возможность эксплуатации ОПО, необходимость и достаточность превентивных и защитных мероприятий.

Действующая в Украине Методика [10], на наш взгляд, может быть улучшена при корректировке существующих понятий и нормировании отдельных критериев в соответствии с нижеследующим.

Социальный риск характеризует тяжесть последствий (катастрофичность) реализации опасностей. Социальный риск характеризует масштаб и вероятность (частоту) аварий и определяется функцией распределения потерь (ущерба), у которой есть устано-

вившеєся названіє – F/N -крива. В общем случает, в зависимости от задач анализа, под N можно понимать и общее число пострадавших, и число смертельно травмированных или другой показатель тяжести последствий. Соответственно, критерий приемлемого риска будет определяться уже не числом для отдельного события, а кривой, построенной для различных сценариев аварии с учетом их вероятности и тяжести последствий. В настоящее время изучается возможность использования двух кривых, когда, например, в логарифмических координатах определены F/N -кривые приемлемого и неприемлемого рисков смертельного травмирования. Область между этими кривыми определяет промежуточную степень риска, вопрос о снижении которой следует решать, исходя из специфики производства и региональных условий.

Целесообразность корректировки понятий социального риска и ожидаемого количества погибших – коллективный риск следует из представленных выше определений. Т.е., в случае социального риска оценка риска гибели людей лишь по одному значению погибших, равном 10 человек, не является показателем, характеризующим всю тяжесть (катастрофичность) последствий реализации опасностей. Так, для случаев аварии с сильнодействующими ядовитыми веществами количество погибших может достигать сотен и более человек, при этом вероятность таких аварий может практически не меняться в интервале от 5 до 1000 человек. Подобная ситуация актуальна для ОПО, находящихся в непосредственной близости к местам скопления людей, селитебной зоне. При этом подобные значения риска могут быть сформированы и взрывопожароопасными веществами (из-за близости людей, дрейфа облака и т.п.). О важности применения критерия социального риска в виде распределения зависимости частоты последствий от их тяжести говорится в ряде научных публикаций специалистов д.т.н. Лисанова М.В., д.т.н. Печеркина А.С., НТЦ «Промышленная безопасность», работе Маршалла В. «Основные опасности химических производств» [12].

Учитывая, что декларирование безопасности служит цели, которая заключается в оценке величины риска гибели людей, независимо от отнесения людей к персоналу или третьим лицам и причинения ущерба объектам заботы (имуществу третьих лиц, окружающей среде) и разработке на основе анализа мероприятий по повышению безопасности, целесообразно ввести процедуру оценки риска гибели **персонала** ОПО, риска причинения мате-

риального ущерба ОПО. Так, при значительной удалённости ОПО от гражданских лиц и объектов заботы, полученное значение индивидуального, территориального или социального (в том числе и *MD*) риска может удовлетворять требованию приемлемости. Тогда как персонал ОПО, или лица сторонних организаций, находящиеся на ОПО, могут подвергаться недопустимому риску. Практически для таких удалённых от населения и объектов заботы ОПО декларация безопасности не предусматривает необходимость защиты, как самого персонала, так материальных ресурсов.

Зонирование территории посредством потенциального территориального риска целесообразно применять на этапе определения наилучшего места размещения ОПО. Так, можно научно обоснованно, с позиций промышленной безопасности разместить проектируемый объект на существующей площадке в промзоне. Также, если какая либо из составляющих ОПО будет являться источником превышения приемлемой величины риска, представляется возможность проведения точечных мероприятий, снижающих риск до приемлемых показателей. Следует также заметить, что на основании величин потенциального территориального риска определяются остальные показатели риска: индивидуальный, социальный, коллективный.

На практике нахождение распределения потенциального территориального риска вызывает большие трудности по причине сложности и трудоемкости расчетов. Последнее обстоятельство только усиливается отсутствием комплексной научно-обоснованной математической модели и алгоритма практического решения. Авторами найдено частное решение данной задачи: разработаны математическая модель и алгоритм практического определения потенциального территориального риска локально расположенных объектов и их опасных составляющих, как, например, нефте- и газоперерабатывающие заводы, химические производства, склады или товарно-сырьевые парки.

Разработанные математическая модель и алгоритм расчета позволяет рассчитывать потенциальный территориальный риск для неограниченного количества эпицентров аварий с взрывом, пожаром, огненным шаром, пожаром пролива, вспышечным пожаром, факелом, токсической волной. Далее, по полученным значениям потенциального территориального риска находятся: индивидуальный риск для заданных групп персонала и третьих лиц, социа-

льный риск и его распределение (кривая Фармера), коллективный риск.

Практика применения данного расчетного комплекса показала его эффективность при решении задач количественной оценки риска в целях декларирования промышленной безопасности, как в Украине, так и в России.

Ситуация с анализом и количественной оценкой риска аварий усугубляется еще и тем обстоятельством, что в Украине существующая методика определения риска [10], позволяет лишь теоретически определять некоторые количественные показатели риска, но не полную их совокупность, необходимую для всесторонней оценки опасности ОПО. Как упоминалось выше, в области расчета количественных параметров опасных факторов аварии в Украине, имеется официально утвержденная МЧС Украины Методика прогнозирования последствий пролива (выброса) опасных химических веществ при авариях на промышленных объектах и транспорте [11]. Данная Методика является незначительно переработанным вариантом методики ШГО СССР и предназначается лишь для предварительного оперативного прогнозирования обстановки «с запасом» с заражением территории газообразными сильнодействующими ядовитыми веществами. Основным недостатком данной методики являются: 1) неопределенность результатов расчетов (зона заражения количественно должна характеризоваться распределением в пространстве и времени концентраций токсичного газа и, соответственно, токсодоз); 2) невозможность применения методики для количественной оценки показателей риска аварий в целях декларирования безопасности ОПО; 3) некорректные результаты при расчетах вторичных облаков и облаков газов с плотностью большей, чем плотность воздуха.

В России от данной Методики отказались еще в 1997 г., предложив взамен методику «Токси», которая более адекватно отражает ситуацию при расчете аварий с газами, близких по плотности к воздуху. В 2005 г. специалистами ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность» (Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору России) подготовлен проект методики «Токси 3» для расчетов параметров дрейфа тяжелого газа. В Украине, к сожалению, такая работа не ведется.

Ряд нерешенных проблем практического и теоретического характера, сопровождающие выполнение работ по анализу и ко-

личественной оценке риска аварий, сводят, фактически, на нет эффективность процедуры декларирования на этапе проектирования. Главным образом, это происходит из-за трудоемкости получения количественных показателей риска, отсутствия методики расчета и пакета прикладных программ для ее реализации. Таким образом, основной проблемой является то обстоятельство, что на ранних этапах проектирования, еще нет полных и четких сведений о системе противоаварийной защите, а также о надежности технических средств системы противоаварийной защиты, отсутствуют многие другие данные, необходимые для количественной оценки риска аварий. Изложенные проблемы, в частности, приводят к тому, что декларация принимает именно декларативный характер и результаты анализа и оценки риска практически не используются. Управление промышленной безопасностью, основанное на количественной оценке риска аварий, таким образом, не выполняется на этапе выбора площадки размещения объекта. Не определяются и наиболее опасные составляющие ОПО, с целью их размещения на приемлемом удалении от социально-значимых объектов и третьих лиц.

Учитывая практическую необходимость решения вышеизложенной задачи, предлагаем ввести новый критерий количественной оценки риска, пригодный для применения на ранних этапах проектирования.

Полное наименование критерия (полное): *потенциал опасности гибели человека в результате аварии* (сокращенное): *потенциал опасности*.

Определение понятия *потенциал опасности* (далее *ПО*): гипотетически возможная интегральная вероятность смертельного поражения человека. *ПО* определяется как сумма вероятностей независимых событий – гибели человека от реализации всей совокупности гипотетически возможных поражающих факторов аварий. Отличительной особенностью от критерия потенциального территориального риска является то, что при определении *ПО* не учитывается возможность локализации аварийной ситуации, срабатывание средств противоаварийной защиты.

Преимущества предлагаемого критерия:

- ПО не зависит от вероятности возникновения и развития аварии, а значит, повышается достоверность данной оценки величины риска, исключается возможность искусственного манипулирования величиной риска и представления приемлемых значений риска;

- ПО требует меньшего числа исходных данных, соответственно, уменьшается время и материальные затраты на выполнение, а также открывается техническая возможность выполнения на ранних этапах проектирования, разработки технико-экономического обоснования, когда еще нет точных сведений о системе мер и мероприятий противоаварийной защиты, данных о надежности технических устройств;

- ПО не зависит от возможности развития аварии по принципу «Домино». Фактически, ПО уже включает в себя весь неблагоприятный потенциал ОПО, в т.ч. и возможность развития аварии по принципу «Домино», тогда как в других методах необходимо отдельно рассматривать и количественно учитывать эффект «Домино», а методики для этого отсутствуют;

Недостатки предлагаемого критерия:

- ПО опирается на наличие у исполнителя достоверной (статистически обобщенной) базы данных о частоте реализации того или иного поражающего фактора аварии (данный недостаток свойственен практически всем существующим методам и критериям количественной оценки риска вероятности (частоты) реализации того или иного поражающего фактора аварии). Отсутствие такой базы данных снижает математическую достоверность на начальных этапах существования критерия.

Предлагаемый критерий ПО не служит цели заменить какой-либо из существующих критериев. Он является дополнительным показателем приемлемости места расположения ОПО с позиций обеспечения заданного уровня промышленной безопасности на начальном этапе проектирования, когда компетентным органам необходимо принимать управленческое решение.

ПО в точке с координатами (x,y) $PO(x,y)$ определяется:

$$PO(x,y) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - (P_i(x,y) \cdot \lambda_i)), \quad (1)$$

где $P_i(x, y)$ – вероятность смертельного поражения человека i -м поражающим фактором, в точке с координатами x, y , определяемая через пробит-функцию; n – максимальное количество поражающих факторов от всех эпицентров потенциально возможных аварий; i – порядковый номер поражающего фактора потенциально возможной аварии; x, y – координаты на плоскости, λ_i – частота (статистическая вероятность) развития аварии до определенного исхода с реализацией поражающего фактора, определяется на основании статистических данных, при их отсутствии рекомендуется пользоваться данными из таблицы 1.

Обращаем внимание на то, что при расчетном определении λ_i графоаналитическим методом «дерево событий» не следует учитывать вероятность срабатывания мер и средств противоаварийной защиты, т.к. это противоречит самому принципу критерия потенциала опасности, в основу которого положена необходимость учета гипотетически возможных наиболее худших последствий аварии.

Абсолютное численное значение потенциала опасности всего объекта получим, проинтегрировав выражение (1):

$$ABS = \iint_{x,y} PO(x, y) dx dy. \quad (2)$$

С учетом выражения (1) получим

$$ABS = \iint_{x,y} \left[1 - \prod_{i=1}^n (1 - (P_i(x, y) \cdot \lambda_i)) \right] dx dy. \quad (3)$$

Следует отметить, что использовать нормирование в качестве инструмента определения допустимых и недопустимых величин абсолютной величины потенциала опасности в силу объективных причин невозможно. Однако нормирование потенциала опасности не только возможно, но и, безусловно, необходимо.

Очевидно, что величина допустимого ПО не может быть менее величины допустимого потенциального территориального риска. Считается, что допустимый уровень ПО для третьих лиц не должен превышать фоновых показателей риска, которому подвергается человек в повседневной жизни. Для действующих объектов это практически недостижимый показатель, но в случае проекти-

рования новых ОПО, регламентирование этого показателя позволит на стадии формирования проектной документации обеспечить минимизацию вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций путем проведения сравнительного анализа выбора площадки, оптимизации размещения оборудования и внутрипроизводственной компоновки технологических магистралей и поиска, альтернативных более безопасных технологий.

Таблица 1

Исход аварии (опасный фактор аварии)	Частота (статистическая вероятность) реализации данного исхода аварии для наружных технологических установок					
	СУГ	ЛВЖ		ГЖ		Газы
		Без перегрева, без давления	С перегревом, под давлением	Без перегрева, без давления	С перегревом, под давлением	
Взрыв	0,25	0,5	0,25	0	0,34	0,25
Огненный шар	0,25	0	0,25	0	0	0,25
Вспышечный пожар	0,25	0,5	0,25	0	0,33	0,25
Факел	0,25	0	0,25	0	0,33	0,25
Пожар пролива	1	1	1	1	1	0
Токсоволна	0	0	0	0	0	1 (если СДЯВ)
Итого:	1+1	1+1	1+1	1	1+1	1+1

Примечания:

1. Частоты имеют ориентировочный характер по причине того, что исход аварии будет зависеть от условий происхождения и развития аварии, степени перегрева и величины избыточного давления.
2. СУГ – сжиженные углеводородные газы.
3. ЛВЖ – легковоспламеняющиеся жидкости.
4. ГЖ – горючие жидкости.

5. Как правило, большинство аварий на взрывопожароопасных объектах (с обращением ЛВЖ, ГЖ), начавшихся со взрыва или огненного шара, заканчиваются пожаром пролива, поэтому вероятность пожара в завершающей стадии аварии может быть с высокой достоверностью приниматься равной 1. Также, принимается, что пожар пролива не входит в полную группу независимых событий: взрыв или огненный шар, или вспышечный пожар, или факел.

В организационном плане целесообразно создание в Украине научно-технического центра в структуре Государственного Комитета по промышленной безопасности, охране труда и горному надзору Украины, который бы обеспечивал научно-техническую поддержку надзорной деятельности, координацию работ и исследований, направленных на научное обеспечение безопасности функционирования промышленных комплексов в Украине. Эффективность процедуры декларирования в Украине в части проведения исследования степени опасности объекта может быть существенно повышена при учёте опыта декларирования Европейского Сообщества и России.

Выводы:

1. Выполнен анализ процедуры декларирования безопасности и определены основные недостатки действующей нормативной базы.

2. Рассмотрены методологические и практические вопросы анализа и количественной оценки риска промышленных аварий. Показана необходимость дальнейшего развития и совершенствования методов количественной оценки рисков, возникающих в процессе эксплуатации промышленных комплексов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон Украины об объектах повышенной опасности № 2245-14 от 18.01.2004г.
2. RICHTLINIE 96/82/EG DES RATES vom 9. Dezember 1996 zur Beherrschung der Gefahren bei schweren Unfällen mit gefährlichen Stoffen. Konsolidierter TEXT. Geändert durch: Verordnung (EG) Nr. 1882/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. September 2003. Amtsblatt Nr.:L 284. Seite: 1. Datum: 31.10.2003. und Richtlinie 2003/105/EG des

- Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2003. Amtsblatt Nr.:L 345. Seite:97. Datum: 31.12.2003.
3. Die Umwelt in Europa: Der zweite Lagebericht // European Environment Agency.1998.
 4. Zentrale Melde- und Auswertestelle für Störfälle und Störungen in verfahrenstechnischen Anlagen (ZEMA) // Jahresberichten 1995 - 2003. Umweltbundesamt. Berlin, 1996 - 2005.
 5. Цховребов Ю.В. и Елохин А.Н. Страхование высокорисковых производств: некоторые инженерные аспекты.2002. ООО «Полимедиа», М., 128 с.
 6. Доклад "О состоянии промышленной безопасности опасных производственных объектов, рационального использования и охраны недр Российской Федерации в 2002 году" http://www.gosnadzor.ru/info/doc5_1.html
 7. ДНАОП 0.00–3.07–02. Нормативы пороговых масс опасных веществ для идентификации объектов повышенной опасности.
 8. ДНАОП 0.00–8.21–02. Порядок идентификации и учёта объектов повышенной опасности.
 9. ДНАОП 0.00–8.22–02. Порядок декларирования безопасности объектов повышенной опасности.
 10. Методика определения рисков и их приемлемых уровней для декларирования безопасности объектов повышенной опасности. Утв. Приказом министерства труда и социальной политики Украины № 637 от 04.12.2002г.
 11. Методика прогнозирования последствий пролива (выброса) опасных химических веществ при авариях на промышленных объектах и транспорте. Утв.Приказом МЧС Украины 27.03.2001г № 73/82/64/122.
 12. Маршалл В. Основные опасности химических производств: Пер. с англ.-М.:Мир, 1989. – 672с., ил.

УДК 331.101

*Стрілець В.М., канд. техн.наук, доц., УЦЗУ,
Лапшин О.В., магістр, УЦЗУ,
Савельєв Д.І., курсант, УЦЗУ*

РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ АПАРАТІВ НА ХІМІЧНО ПОВ'ЯЗАНОМУ КИСНЮ

(представлено д-ром техн. наук Ларіним О.М.)

Визначено параметри, які необхідно контролювати під час перевірки герметичності апаратів на хімічно пов'язаному кисню. Показана доцільність їх використання оперативним персоналом об'єктів, де відбулась надзвичайна ситуація. Запропоновано метод визначення часових характеристик, які розраховуються на посту безпеки

Постановка проблеми. В підрозділах Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України поряд з апаратами на стисненому повітрі (АСП) та кисневими ізолюючими протигазами (КІП), особливості використання яких досить повно розглядається в керівних документах [1] та експлуатаційно-технічній документації [2,3], також є ізолюючі апарати на хімічно пов'язаному кисню (АХПК). Проте, для них не визначені ні показники, яких необхідно дотримуватись для забезпечення захисної ефективності, ні рекомендації щодо використання в процесі ліквідації надзвичайних ситуацій, ні обґрунтовані вимоги до часу роботи особового складу оперативно-рятувальних підрозділів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підхід до обґрунтування технічних характеристик АСП та КІП, які забезпечують безпечну роботу в непридатному для дихання середовищі, базується [4] на виконанні умови: підсос навколишнього середовища на пожежі всередину ізолюючого апарату не повинен перебільшувати показника, за якого при виконанні роботи середнього ступеня важкості буде забезпечено дихання повітрям, що містить гранично допустиму концентрацію окису вуглецю. Для цього необхідно забезпечити загальний коефіцієнт захисту $K_3 \geq 5 \cdot 10^3$.

В той же час, у тому разі, коли АХПК передбачається використовувати під час ліквідації надзвичайних ситуацій з викидами небезпечних хімічних речовин (а для України у якості найгіршої ситуації можна розглядати роботу рятувальників в епіцентрі ви-

буху компонентів ракетного палива) коефіцієнт захисту апарату повинен [5] бути не менше $K_3 \geq 3,85 \cdot 10^5$. Виходячи з цього, в [6] була обґрунтована доцільність застосування АСП, а не КІП, та визначені параметри перевірок для АСП, а також особливості їх комплектації. В той же час питання забезпечення герметичності АХПК не розглядались.

В [7] відмічено, що АХПК (а саме ІІ-4) забезпечують коефіцієнт проникнення $K_{II} \leq 10^{-6}$. Враховуючи те, що загальний коефіцієнт захисту

$$K_3 = \frac{1}{K_{II}} \geq 10^6, \quad (1)$$

можна було б вважати, що їх можна використовувати при ліквідації всіх можливих надзвичайних ситуацій з викидами всіх можливих небезпечних речовин. Проте, аналіз тактико-технічних характеристик лицевих частин [4] показав, що саме таку характеристику захисної ефективності має шолом-маска. Можна припустити, що питання проникнення навколишнього середовища безпосередньо через АХПК не розглядались.

Аналогічна ситуація має місце і щодо рекомендацій по роботі в ізолюючих апаратах під час ліквідації надзвичайних ситуацій. Вони основані [3,4] на використанні недоліків та переваг, що випливають з відповідного принципу дії ізолюючого апарату. В той же час, не враховується, що, хоча АХПК і є регенеративним дихальним апаратом, температуро-вологовий режим дихання в ньому значно гірший ніж в КІП, а повітря у повітрпроводній системі не перенасичене киснем [4].

Характер роботи, яку виконують газодимозахисники, зумовлює час роботи в непридатному для дихання середовищі. В АСП та КІП він розраховується у відповідності до показників легеневої вентиляції, які визначаються у відповідності до важкості роботи в апараті [3]. Враховуючи лінійну залежність між тиском повітря або кисню в балоні (-ах) цих ізолюючих апаратів, це дозволяє визначати момент припинення (початку повернення) безпосередньої роботи в непридатному для дихання середовищі за манометром. Внаслідок конструктивної реалізації АХПК, такий підхід не припустимий для них. В [7] визначено, що час захисної дії АХПК контролюється за часами. При цьому вважається, що в спокої він від-

повідаеть 180 хвилинам, а при виконанні всіх видів роботи (незалежно від ступеня важкості) – не повинен перебільшувати 30 хвилин. Це не враховує те, що подача кисню в АХПК носить економний характер [4], а у людини під час виконання важкої роботи відбувається природне чергування праці з відпочинком.

Постановка завдання та його вирішення. У зв'язку з цим доцільно визначити рекомендації, які забезпечать ефективну та безпечну роботу рятувальників як на пожежі, так і в найгірших умовах, що можуть бути в осередку викиду небезпечних хімічних речовин.

Обґрунтування пропозиції щодо забезпечення герметичності АХПК. В [4] відзначається, що у разі використання АХПК під час рятувальних робіт на пожежі необхідно забезпечити загальний коефіцієнт захисту $K_3 \geq 5 \cdot 10^3$. Оскільки з апаратами на хімічно пов'язаному кисню в цей час використовуються як шоломки-маски, так і мундштукові пристрої із загубниками та носовими зажимами, можна вважати [4], що коефіцієнт захисту лицевої частини $K_{32} \geq 10^4$. Тобто, герметичність безпосередньо апарату також повинна бути не менше

$$K_{31} \geq \frac{1}{\frac{1}{K_3} - \frac{1}{K_{32}}} = 10^4. \quad (2)$$

Якщо для розрахунків прийняти показник легеневої вентиляції $\omega_l = 30$ л/хв., який відповідає виконанню роботи середнього ступеня важкості, то можна визначити, яким повинен бути підсос під час виконання перевірки герметичності апарату

$$\omega_{n1} \leq \frac{\omega_l}{K_{31}} = \frac{30}{10^4} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ л/хв.} \quad (3)$$

Згідно з [7] технічними характеристиками АХПК (а саме ІІІ-4) опір апарата вдиху при виконанні роботи середньої ваги $P_{\text{вд}} \leq 500$ Па, а обсяг V_p повітропровідної системи при розрідженні не більше 2 літрів. Крім того, практика виконання [1] перевірки № 2 АСП та КІП дозволяє рекомендувати наступний показник розрідження у повітропровідній системі при перевірці $P_{\text{пер}} \geq 1000$ Па.

Це дозволяє, використовуючи відому [4] формулу для визначення підсосу до повітропровідної системи ізолюючого апарату, знайти показник швидкості падіння розрідження, який задовольнить вимоги до герметичності апарата на хімічно пов'язаному кисню у разі його використання на пожежі

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} \leq \frac{\omega_{n1} \cdot m \cdot P_a}{0.4 \cdot V_p \cdot \sqrt{P_{вд} / P_{пер}}} = 87,4 \text{ Па/хв.}, \quad (4)$$

де $P_a \approx 1,03 \cdot 10^5$ Па – атмосферний тиск; $m = 0,16$ – коефіцієнт, який враховує, що повітропровідна система не є абсолютно жорсткою.

В той же час, у тому разі, коли АХПК передбачається використовувати під час ліквідації надзвичайних ситуацій з викидами небезпечних хімічних речовин (а для України у якості найгіршої ситуації можна розглядати роботу рятувальників в епіцентрі вибуху компонентів ракетного палива) коефіцієнт захисту апарату повинен [8] бути не менше $K_3 \geq 3,85 \cdot 10^5$. При цьому треба мати на увазі, що в цій ситуації у разі використання мундштукового пристосування із загубником та носовим затискачем буде мати місце відкритість обличчя. Враховуючи властивість окисів азоту створювати на відкритій поверхні шкіри людини азотну кислоту, використовувати цей тип лицевої частини під час ліквідації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з компонентами ракетного палива, не можна. Тобто, необхідно розглядати АХПК, які обладнані шолом-масками і мають, відповідно [4], коефіцієнт захисту лицевої частини $K_{32} \geq 10^6$.

Таким чином, розрахунок у відповідності з (2)÷(4) у разі створення перевірного розрідження $P_{пер} \geq 1000$ Па показує, що для забезпечення безпечної роботи рятувальників під час виконання другої та третьої перевірки необхідно, щоб швидкість падіння розрідження після його стабілізації не перебільшувало

$$\frac{\Delta P}{\Delta t} \leq 1,39 \text{ Па/хв.} = 0,139 \text{ мм вод. ст./хв.} \quad (5)$$

Тобто, необхідно помітити падіння менше півтори міліметрів водяного стовпчика реометра-манометра за одну хвилину, що лю-

дина без спеціального контрольно-вимірювального обладнання здійснити не може.

В цьому випадку доцільно здійснювати контроль герметичності АХПК у зборі з лицевою частиною в камері газоокурнення. Для цього рятувальник, який включився в апарат, входить в герметичну камеру, в якій необхідно створити концентрацію, наприклад, хлорпікрину CClNO_2 (гранична концентрація $C_{\text{нор}}(\text{CClNO}_2) = 0,6 \text{ мг/м}^3$)

$$C_k = C_{\text{нор}}(\text{CClNO}_2) \cdot K_3 = 0,6 \cdot 3,85 \cdot 10^5 = 2,31 \cdot 10^5 \text{ мг/м}^3. \quad (6)$$

Якщо запах контрольної речовини не відчувається, АХПК вважається герметичним.

Порівняльна оцінка ефективності роботи в ізолюючих апаратах. Для порівняльної оцінки ефективності використання різноманітних ізолюючих апаратів розглядалась робота в апаратах на стисненому повітрі АСП-2М, регенеративних ізолюючих апаратах КІП-8 та апаратах на хімічно пов'язаному кисню ІП-4. До дослідження було залучено три групи по 25 рятувальників однакового рівня підготовленості. Особовий склад кожної із груп працював в апаратах одного типу. У якості тестових завдань були обрані Гарвардський степ-тест [1] та тест оцінки динамічної стійкості [8].

Рівень адаптації рятувальника, який працює в ізолюючому апараті, до фізичних навантажень характеризує індекс Гарвардського степ-тесту

$$IGST = \frac{t \cdot 100}{(f_1 + f_2 + f_3) \cdot 2}, \quad (7)$$

де t – фактичний час виконання навантаження, с; f_1, f_2, f_3 – сума пульсуючих ударів за перші 30 с кожної хвилини (починаючи з другої) відновлювального періоду.

Збільшення індексу свідчить про кращу пристосованість газодимозахисників до виконання важких робіт.

Порівняльну (в залежності від типу ізолюючого апарату) характеристику здатності орієнтуватись у просторі дозволяє здійснити показник динамічної стійкості

$$ДУ = \Delta L \cdot t, \text{ м}\cdot\text{с} \quad (8)$$

де ΔL – відхилення від осі при подоланні 10-метрової дистанції з закритими очима, см; t – час подолання дистанції, с.

Видно, що на відмінність від *ІГСТ* збільшення *ДУ* свідчить про погіршення якості, яка розглядається.

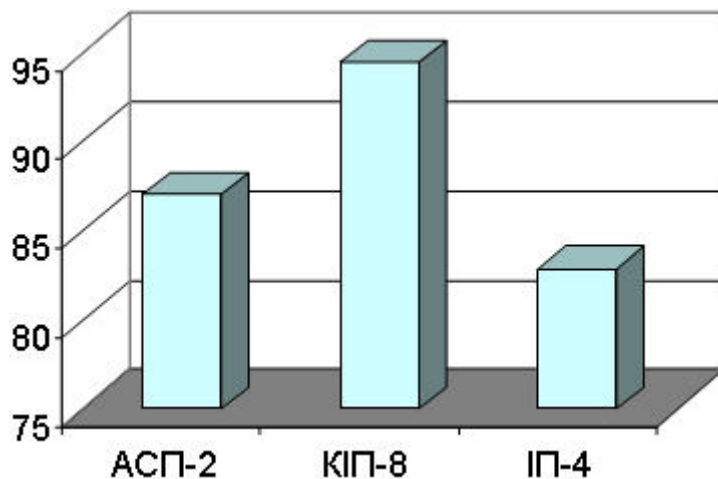


Рис. 1 – Порівняльна оцінка виконання важкої роботи

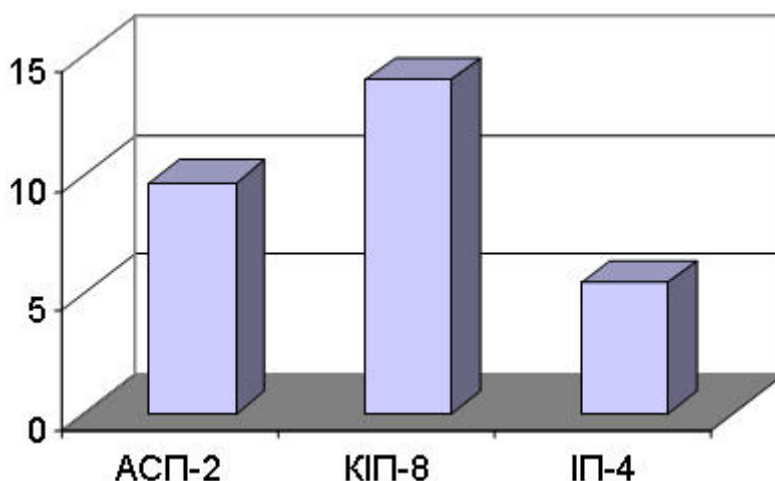


Рис. 2 – Порівняльна оцінка здатності орієнтуватись в просторі

Графіки з порівняльними оцінками отриманих результатів наведено на рисунках 1 та 2. Їх аналіз дозволяє стверджувати, що до тих переваг та недоліків ізолюючих апаратів, що пов'язані з принципом їх дії та які наведено в науково-технічній літературі [3,4], можна додати ще й ті, що пов'язані з ефективністю виконання тої чи іншої роботи. Так, оскільки виконання Гарвардського степ-тесту відповідає виконанню тяжкої роботи, можна стверджувати (див. рис.1), що найбільш ефективним для виконання в не-

придатному для дихання середовищі бойової роботи, яка пов'язана зі значним фізичним навантаженням на протязі більше 5 хвилин, є використання регенеративних дихальних апаратів зі стиснутим киснем. Найменш ефективним – регенеративних дихальних апаратів на хімічно пов'язаному кисню.

Та навпаки, при виконанні робіт, які вимагають здатності добре орієнтуватися в просторі, не виконуючі при цьому важкої роботи, самими ефективними є (див. рис.2) ізолюючі апарати на хімічно пов'язаному кисню.

Таким чином, АХПК доцільно використовувати для проведення першочергових дій по організації робіт з евакуації потерпілих оперативним складом та відповідальними особами на об'єктах, в першу чергу із будівель з масовим перебуванням людей. Оснащення оперативно-рятувальних підрозділів такими апаратами можливо у тому разі, коли практично не передбачається виникнення пожеж та надзвичайних ситуацій з наявністю непридатного для дихання середовища (наприклад, у сільській місцевості). В цьому випадку під час підготовки рятувальників особливу увагу необхідно звернути на тренування загальної та спеціальної працездатності.

Розробка рекомендацій щодо розрахунку часу роботи в АХПК. У якості основи для визначення часових характеристик при застосуванні АХПК пропонується покласти, по аналогії з підходом, що застосовується для АСП та РДА [3], визначення кількості газоповітряної суміші Q , яка створюється за допомогою надперекисних сполучень лужних металів і витрачається для дихання газодимозахисником.

У відповідності до тактико-технічних характеристик АХПК [7] та кількісних показників дихання [4] її кількість можна визначити як

$$Q = t_{cn} \cdot \omega_{cn}, \quad (9)$$

де t_c – час захисної дії апарату для випадку перебування газодимозахисника у спокійному стані (не виконується ніяка робота), хвилин; $\omega_{cn} = 12 \text{ л/хв.}$ – легенева вентиляція, яка відповідає перебуванню людини в спокої.

В той же час, якщо розглядати випадок, коли під час проведення розвідки $t_{r\Sigma}$ не передбачається рятування потерпілих, що відповідає [4] виконанню роботи середнього ступеня важкості з

Стрілець В.М., Лапшин О.В., Савельєв Д.І.

відповідною легеневою вентиляцією $\omega_r = \omega_c = 30$ л/хв., апаратом буде вироблена така ж кількість газоповітряної суміші, що й для перебування в спокої

$$t_{cn} \cdot \omega_{cn} = t_{r\Sigma} \cdot \omega_r. \quad (10)$$

Звідки

$$t_{r\Sigma} = 0,4 \cdot t_c. \quad (11)$$

Загальний час розвідки $t_{r\Sigma}$ складається з часу t_r безпосередньої розвідки та часу t_{pov} , який необхідно зарезервувати на повернення. З урахуванням непередбачених обставин та по аналогії з розрахунком мінімального тиску, за якого необхідно починати повернення в КІП,

$$t_{r\Sigma} = t_r + t_{pov} = t_r + 1,5 \cdot t_r = 2,5 \cdot t_r, \quad (12)$$

тобто

$$t_r = 0,4 \cdot t_{r\Sigma}. \quad (13)$$

Коли ж розглядається ситуація з можливим винесенням потерпілого (це відповідає виконанню дуже важкої роботи, за якої легенева вентиляція дорівнює [4] $\omega_{pot} = 84$ л/хв.), додатково враховується те, що довжина шляху під час розвідки дорівнює довжині шляху, який буде подолано газодимозахисниками разом з потерпілими

$$v_r \cdot t_r = v_{pot} \cdot t_{pot} = v_{pot} \cdot \frac{Q}{\omega_{pot}} = \frac{v_{pot} \cdot t_c \cdot \omega_c}{\omega_{pot}}, \quad (14)$$

де v_r, v_{pot} – швидкість руху [9] ланки при проведенні розвідки та під час перенесення потерпілого на чисте повітря, м/хв.

Це дозволяє визначити час розвідки як

$$t_r = \frac{v_{pot} \cdot \omega_c}{v_r \cdot \omega_{pot}} \cdot t_c = \frac{12 \cdot 12}{19,5 \cdot 84} \cdot t_c \approx 0,09 \cdot t_c. \quad (15)$$

За необхідності наведений вище підхід можна застосувати й для розрахунку часу роботи біля осередку надзвичайної ситуації.

Висновки. Для забезпечення герметичності АХПК у зборі з лицевою частиною, який передбачається використовувати в умовах, що не будуть гіршими ніж найгірші умови пожежі, під час проведення другої та третьої перевірки необхідно створити перевірочне розрідження не менше 1000 Па (100 мм вод. ст.). Після стабілізації цього розрідження швидкість його падіння не повинна перебільшувати 8 мм водяного стовпчика за одну хвилину.

Показано, що перевірку АХПК, які передбачається використовувати в найгірших умовах, які можуть мати місце в результаті впливу небезпечних хімічних речовин в Україні, на сьогоднішній день можна здійснити тільки в камері газообкурювання. Наведено результати розрахунку концентрації контрольної речовини, яку необхідно застосувати для заповнення камери.

Відмічена доцільність використання АХПК для проведення першочергових дій оперативним персоналом об'єкту, де відбулась надзвичайна ситуація, та тренування, в першу чергу, витривалості у газодимозахисників, які будуть працювати в цих апаратах.

Запропоновані спрощенні співвідношення для розрахунку на посту безпеки часових характеристик роботи в АХПК.

ЛІТЕРАТУРА

1. Настанова по газодимозахисній службі пожежної охорони МВС України. Наказ № 657 МВС України від 2 грудня 1994 р. – Київ, 1994. – 128 с.
2. Аппарат АСВ-2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Луганск: ОАО Завод горноспасательной техники «Горизонт», 2001. – 42 с.
3. Перепечаев В.Д., Береза В.Ю. Газодымозащитная служба пожарной охраны. / Учебник. – Чернигов, РИК «Деснянська правда», 2000. – 468 с.
4. Диденко Н.С. Регенеративные респираторы для горноспасательных работ. – М.: Недра, 1984. – 296 с.
5. Кузьменко В.А., Михальська Л.Л., Щербак С.М. Аналіз можливостей використання ізолюючих апаратів під час ліквідації

- аварій на об'єктах із сильнодіючими отруйними речовинами./ Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. Тр. АПБ Украины. Вып.12. – Харьков: Фолио, 2002. – с.162-169
6. Михальська Л.Л. Організаційно-технічні заходи при гасінні пожежі на станції нейтралізації компонентів ракетного палива ... : Автореф. дис...к-та техн. наук: 21.06.02/ АЦЗУ МНС України. – Харків, 2005. – 24 с.
 7. ТО ИЭ ИП-4.
 8. Основы теории прогнозирования спортивных достижений/ Под ред. Г.П.Семенова. – М.: ВНИФК, 1983. – 326 с.
 9. Ковальов П.А., Бородич П.Ю., Стрілець В.В., Чубар С.С. Розробка пропозицій щодо вдосконалення аварійно-рятувальних робіт при надзвичайних ситуаціях в метрополітені // Право і безпека: Науковий журнал – 2002. – Вип..1. –С.156-161.

УДК 614.84

*Тарасенко А.А., канд. техн. наук, докторант, УГЗУ,
Абрамов Ю.А., д-р техн. наук, гл. науч. сотр., УГЗУ*

КРИТЕРИЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ ЛЕСОПОЖАРНОЙ СИТУАЦИИ

Предложен критерий оптимального сценария ликвидации чрезвычайной ситуации. Рассмотрены составные части данного критерия

Постановка проблемы. Снижению риска возникновения чрезвычайных лесопожарных ситуаций (ЧЛС) [1] призваны меры профилактического характера. Последние включают в себя широкий комплекс мероприятий, требующих значительных материально-временных затрат. Но даже при достаточном финансировании возможно снижение уровня антропогенных факторов и лишь малой части природных. В тоже время причины возникновения лесных пожаров носят как искусственный, так и естественный характер. Поэтому проявления ЧЛС в виде лесных пожаров будут возникать всегда. Разнообразие погодных, ландшафтных и лесорастительных условий для каждого конкретного лесного пожара (ЛП) требует адекватной реакции со стороны соответствующих

служб. Снижение последствий ЧЛС (при невозможности их предотвращения) является не менее серьезной комплексной задачей, осложненной необходимостью действовать в условиях неопределенности и коротких временных интервалов. В таких ситуациях решающим фактором является эффективность принимаемых управленческих решений лицом (штабом), ответственным за ликвидацию ЧЛС. Действия руководимыми подразделениями должны приводить к оптимальному, с точки зрения минимизации рисков, последствий и затрат, результату.

Анализ последних исследований и публикаций. В работе [2] найдено оптимальное начальное местоположение сил пожаротушения на контуре пожара, приводящее к минимальному времени локализации. Локализация осуществляется одним подразделением при полном обходе очага пожара. Очаг рассматривается идеализированным, – форма его есть вытянутый по направлению ветра изрезанный (за счет микронеоднородностей слоя горючего материала) эллипс.

В работе [3] получены модели маршрутов движения сил и средств пожаротушения для основных тактических приемов локализации ландшафтных пожаров с целью минимизации выгоревшей площади. Рассматривается очаг произвольной формы. При этом учитывался лишь один природный фактор – скорость и направление ветра. Модель позволяет варьировать тактико-технические характеристики используемых тушащих средств. Возможна локализация несколькими парами подразделений, что позволяет моделировать основные тактические приемы локализации – тушение с тыла, фронта, единовременное окружение [4]. Кроме того, моделируется неединовременное окружение. Выбор начального местоположения сил пожаротушения, движущихся вдоль контура пожара в противоположных направлениях, может быть осуществлен оптимальным образом. Показана неэффективность задач минимизации выгоревшей площади и минимизации времени локализации. Выбор площади, как основного оптимизируемого фактора, обусловлен спецификой постановки предлагаемой задачи – предполагается развитие пожара в однородных ландшафтных и растительных условиях.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является обоснование выбора критерия оптимизации при локализации чрезвычайной ситуации на примере ландшафтного пожара. Существующая практика пожаротушения нацелена на наискорейшую

локалізацію лесного (шире - ландшафтного) пожара, с последующей его полной ликвидацией. Т.е. имеет место целевая функция, состоящая в оптимизации параметров тактики тушения по критерию минимума времени локализации T

$$T \rightarrow \min. \quad (1)$$

При этом полагается, что выполнение данного критерия автоматически приводит к минимизации ущерба от пожара. Поскольку последний пропорционален выгоревшей площади S [5], то постулируется тождественность критерия (1) критерию

$$S \rightarrow \min. \quad (2)$$

Между тем последнее положение нуждается в дополнительном обосновании.

В работе [3] показано, что для случая простого ландшафтного пожара, развивающегося в однородных ландшафтных и растительных условиях при постоянной экспозиции склона, направлении и силе ветра и при локализации с фронта действительно (1) эквивалентно (2).

В случае же тушения кромки пожара с разной линейной скоростью задачи минимизации времени локализации и минимизации выгоревшей площади, даже для случая однородных условий, не являются тождественными.

При наличии N участков покрытых разными породами с разной стоимостью p_i ($i=1...N$) единицы выгоревшей площади условие

$$T \rightarrow \min \Leftrightarrow S \rightarrow \min \quad (3)$$

тем более не актуально, в силу того, что ущерб от пожара уже будет не просто пропорционален площади, а иметь более сложный вид. Логично заменить (2) критерием минимума ущерба P от пожара

$$P \sim \sum_{i=1}^N p_i S_i \rightarrow \min. \quad (4)$$

Еще более широкой трактовки критерия (4) требует учет косвенного ущерба.

Критерий (1) также требует замены. Время локализации продолжает играть свою роль, но уже не как (3), а в силу того, что стоимость работ по локализации пропорциональна временным затратам. Стоимость L процесса локализации и тушения также требует минимизации.

$$L \rightarrow \min . \quad (5)$$

Вычисление величины L следует осуществлять, руководствуясь [5].

Поскольку процесс распространения пожара во многом носит случайный характер, невозможно абсолютно достоверно прогнозировать параметры контура. Более того - точность прогноза падает со временем [2]. Поэтому, если вблизи контура пожара расположены объекты, представляющие повышенный интерес для жизнедеятельности людей (это могут быть населенные пункты, промышленные и сельскохозяйственные сооружения, коммуникации, культурные или природные ценности), то необходимо уменьшить риск R попадания их в зону пожара. Поэтому формируем еще один критерий оптимальности

$$R \rightarrow \min . \quad (6)$$

Таким образом, при ликвидации ландшафтного пожара руководитель тушения должен руководствоваться критерием

$$\{P, L, R\} \rightarrow \min . \quad (7)$$

Тактика, основанная на (7), обеспечит оптимальный способ борьбы с пожаром.

Выводы. Предложен критерий выбора оптимальных управленческих решений для успешной ликвидации лесного (ландшафтного) пожара.

ЛИТЕРАТУРА

1. Подрезов Ю.В., Шахраманьян М.А. Методологические основы прогнозирования динамики чрезвычайных лесопожарных ситуаций. – М.: ВНИИ ГОЧС, 2001. – 266с.
2. Абрамов Ю.А., Росоха В.Е., Тарасенко А.А. Влияние пространственных флуктуаций пирологических параметров среды на интегральные характеристики низового лесного пожара и условия его тушения. Харьков: АГЗ Украины, 2004. – 142 с.
3. Кривошликов С.Ф., Абрамов Ю.О., Тарасенко О.А. Моделирование маршрутов локализации простого ландшафтного пожара// Проблемы пожарной безопасности. Вып. 18. – Харьков: Фолио.- 2005. С. 98-101.
4. Курбатский Н.П. Техника и тактика тушения лесных пожаров. М.: Гослесбумиздат, 1962.- 154 с.
5. Постанова КМ України від 15.02.2002 №175 „Про затвердження Методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру”

УДК 621.373:772.99

Третьяков О.В., канд техн. наук, доц., УЦЗУ

АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЛАЗЕРНИЙ КОМПЛЕКС ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН НА РІВНІ ДЖЕРЕЛА ВИКИДІВ В АТМОСФЕРУ

(представлено д-ром хім. наук Калугіним В.Д.)

Удосконалено теоретичні основи ДРП і СКР методи лазерної діагностики і розроблено на їх основі автоматизований лазерний комплекс оперативного високоточного, чутливого контролю концентрації шкідливих і небезпечних речовин на рівні виходу з промислового джерела в атмосферу

Постановка проблеми. Стан атмосферного повітря в сучасних умовах визначається в значному ступеню складом і кількістю шкідливих і небезпечних речовин, що викидаються з різноманітних джерел промислових підприємств. Діюча в Україні система

нормування викидів забруднюючих речовин від промислових об'єктів забезпечує встановлення граничної кількості викидів по кожному інгредієнту із застосуванням контролюючими органами економічних, адміністративних і навіть карних чинників покарання за перебільшення встановлених лімітів. Але відсутність постійного оперативного контролю викидів по кожному джерелу дозволяє винним уникнути таких покарань, або проводити збільшені викиди у час, коли не працюють лабораторії контролю СЕС та екологічного нагляду. Існуючі методи періодичного контролю за станом викидів забруднюючих речовин, що застосовуються лабораторіями різноманітних контролюючих органів, не дають оперативних результатів, тому що потребують обов'язкового відбору проб з послідовним їх аналізом і обробкою результатів, і не в повній мірі можуть вважатися показовими, тому що сам відбір проби є втручанням у стан об'єкту аналізу і містить в собі невизначену за кожним разом свою похибку визначення концентрації.

Розробка і створення безперервних методів і технічних засобів контролю концентрацій шкідливих і небезпечних речовин, що викидаються з організованих і неорганізованих джерел промислових підприємств, які б були позбавлені недоліків пробовідбірною методу періодичного контролю і давали змогу організації автоматичного постійного контролю без втручання в потік викидів є невідкладною сучасною проблемою для забезпечення безпечних умов праці і життя населення нашої країни. Також ця потреба викликана відповідними міжнародними зобов'язаннями, які прийняла на себе Україна, а саме виконання положень Кіотського протоколу потребує проведення постійного безперервного контролю за викидом парникових газів у атмосферу від усіх підприємств країни.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні роки задля аналізу газового складу атмосфери були розроблені безпробовідбірні та безреагентні методи контролю, що засновані на наступних фізичних ефектах: диференціального резонансного поглинання (ДРП) [1] і спонтанного комбінаційного розсіяння (СКР) [2], які застосовують лазерні пристрої різноманітної конструкції і дозволяють визначати вміст різних газових домішок з досить великою точністю від одиниці до декількох десятків молекул на мільйон сторонніх [3]. Переваги цих методів у порівнянні з традиційними пробовідбірними очевидні, але створення на їх основі вимірвальних комплексів було мало перспективно внаслідок на-

ступних недоліків: невеликий перелік газових речовин, концентрації яких вони вимірюють, неможливість визначення концентрації і будь-якої інформації про розподіл аерозольних часток (пилу) в аналізуемій атмосфері.

У більшому ступеню ці недоліки відсутні у газоаерозольного поляризаційного голографічного лідача [4] в основу функціонування якого покладено метод ДРП, що забезпечує поглинання світлової енергії молекулами досліджуемого газу при співпадінні частоти випромінювання лазера з частотою електронного або коливально-обертального переходу цих молекул. Для реалізації цього методу проводиться зондування для кожного інгредієнту на двох частотах, одна з яких точно співпадає з резонансною частотою досліджуємих молекул, а друга – декілька від неї відрізняється (звичайна різниця у довжинах хвиль становить біля 15 нм), що необхідно для врахування впливу на результати вимірів аерозольного і молекулярного розсіяння і поглинання сторонніх речовин. Основним недоліком цього більш перспективного методу є те, що він є ефективним тільки у випадку використання режиму часового накопичення і дозволяє визначити тільки середню концентрацію речовин на усьому протязі проходження лазерного променя, що неприпустимо для оперативного контролю джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферу.

Постановка завдання та його вирішення. Удосконалити метод ДРП для забезпечення контролю повного переліку інгредієнтів, що викидаються в атмосферу промисловими підприємствами України, із забезпеченням визначення концентрації речовин у реальному часі безпосередньо на виході з джерела викидів. Розробити необхідне обладнання для реалізації метода і створити на його основі автоматизований комплекс оперативного контролю.

В наслідок проведених досліджень було встановлено, що частотно переналагоджуємих СО₂-лазер забезпечує можливість послідовного встановлення резонансної частоти поглинання світлового випромінювання в ГЧ – області практично всіх інгредієнтів, що містяться у промислових викидах, і дає змогу за рахунок реалізації методу СКР визначати концентрацію аерозольних часток в аналізуемій зоні. Принципова схема та апаратурне оформлення використання відпрацьованого методу зображено на рис. 1.

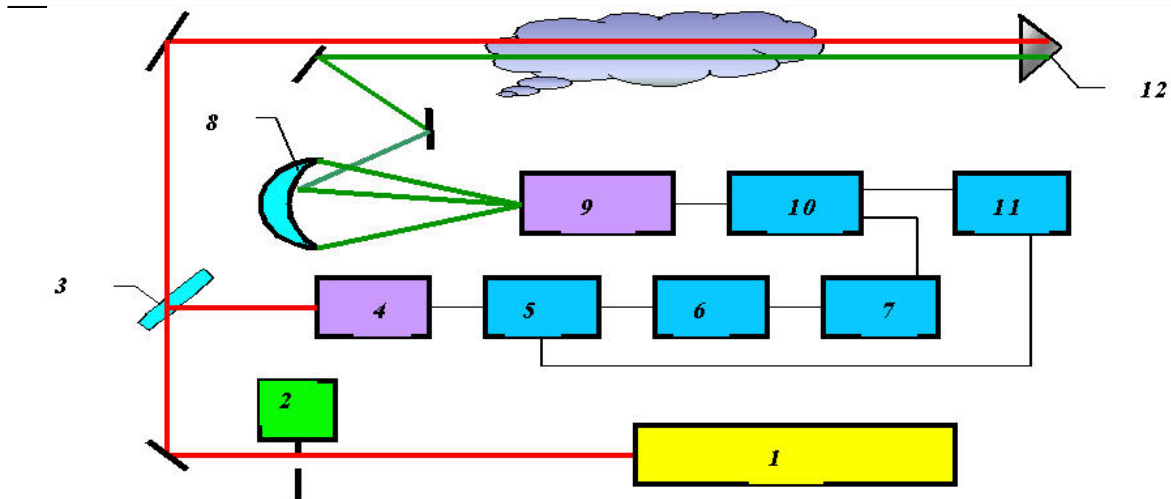


Рис. 1 – Принципова схема для трасового зондування атмосфери: 1 – частотно переналагоджувемий CO₂-лазер; 2 – модулятор переривач; 3 – розщеплювач проміні; 4 – піроелектричний детектор; 5 – підсилювач; 6 – потенціометр; 7 – синхронний детектор; 8 – сферичне дзеркало; 9 – піроелектричний приймач; 10 – підсилювач; 11 – двоканальний осцилограф; 12 – кутовий відбивач

Вихідне випромінювання частотно-переналагоджуемого CO₂-лазера 1, після проходження модулятора переривача 2 розщеплюється за допомогою плоско-паралельної пластини 3 на дві частини. Відбита частина випромінювання (~ 5% інтенсивності падаючого) реєструється в опорному каналі схеми, що складається з піроелектричного детектору 4, підсилювача 5 і потенціометра 6. Частина випромінювання лазера, яка пройшла крізь розщеплювач, спрямовується вздовж траси, після відбиття кутовим відбивачем 12 повертається, збирається і спрямовується у вимірювальний канал за допомогою сферичного дзеркала 8 з великою апертурою (400 мм). Вимірюючий канал схожий з опорним каналом і містить піроелектричний приймач 9, підсилювач 10 і загальний з опорним каналом потенціометр 6. Додатково для підвищення чутливості вимірюючого каналу в ньому розташовано синхронний детектор 7. Двоканальний осцилограф 11 дозволяє візуально спостерігати сигнали в опорному і вимірювальному каналах схеми.

Застосування вищенаведеної схеми виміру дозволяє визначати концентрацію вздовж проміні лазера біля сотні інгредієнтів серед яких: оксиди карбону (CO, CO₂), оксиди нітрогену (NO_x), оксиди сульфуру (SO₂, SO₃), озон (O₃), аміак (NH₃), гідросульфід (H₂S), фтор (F₂), хлор (Cl₂), фторид сульфуру (SF₆), метан та його похідні, етан та його похідні, карбогідрогени дієнового ряду, фтор-

і хлор- похідні карбогідрогенів (в т.ч. фреони), гідразин і його похідні, бензол і його похідні, бенз-а-пірен, аерозольні частки та інші речовини із забезпеченням точності визначення концентрації до 0,01 ГДК.

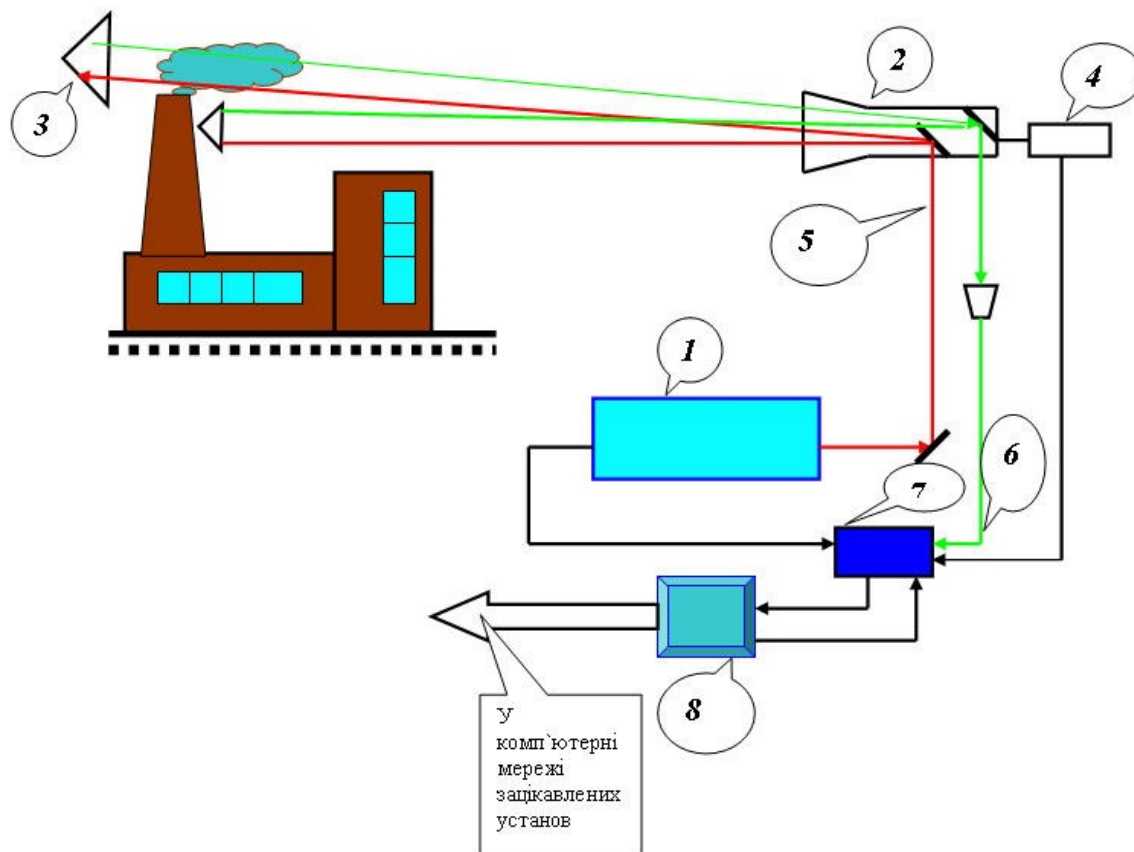


Рис. 2 – Принципова схема лазерного комплексу контролю викидів забруднюючих речовин у повітря від промислових підприємств: 1 – лазер; 2 – телескоп; 3 – кутові відбивачі; 4 – блок управління телескопом; 5 – прямий промінь лазера; 6 – відбитий промінь лазера; 7 – інтерфейс; 8 – базова ЕОМ зі спеціальним програмним забезпеченням

Для уникнення впливу на показник концентрації речовин, що визначається на окремому джерелі, цих же речовин з інших можливих, поряд розташованих джерел та можливості застосування цієї схеми для створення стаціонарного оперативного автоматизованого комплексу, була розроблена оригінальна схема її застосування в промислових умовах (рис. 2).

Застосування двох кутових відбивачів на кожному з джерел викидів дозволяє повністю уникнути загального впливу сусідніх джерел на значення концентрації речовини, що вимірюється на

виході з визначеного джерела. Проведена експериментальна перевірка працездатності такого комплексу підтвердила всі його раніше згадані переваги і дозволила встановити, що метод практично не втрачає чутливості навіть при віддаленості джерела викидів від телескопу на 5 км. Таким чином, реалізація такої схеми дозволяє створити стаціонарний пункт спостереження за викидами забруднюючих речовин в районах з великою кількістю промислових об'єктів при використанні одного лазера і обертального механізму, що буде забезпечувати послідовну орієнтацію проміні на відповідне джерело за визначеною програмою.

Проведені дослідження дозволили створити універсальний автоматизований лазерний комплекс контролю забруднення атмосфери перевагами якого є наступне:

- висока чутливість, точність і вибірковість методу;
- значна відстань зондування атмосфери до 5 км;
- автоматизоване комплексне дослідження джерел викидів;
- великий перелік інгредієнтів, що контролюються;
- малий час виміру концентрацій до 10 сек на одну речовину;
- відсутність відбіру проб викидів;
- можливість формування комп'ютерної бази даних по забруднювачах та інгредієнтах;
- можливість організації стаціонарного пункту спостереження.

Висновки. Проведені теоретичний аналіз і експериментальні дослідження по удосконаленню методу ДРП і створена на його основі експериментальна установка та проведені її випробування дозволили створити автоматизований лазерний комплекс оперативного контролю концентрації забруднюючих речовин на рівні джерела викидів в атмосферу від діючих промислових підприємств.

Використання такого комплексу як у стаціонарному режимі так і в режимі оперативної пересувної установки надасть змогу відповідним контролюючим органам СЕС і екологічної безпеки набувати достовірну інформацію у реальному часі для своєчасного і адекватного реагування, що сприятиме проведенню модернізації технологічних процесів для зменшення викидів в атмосферу та поліпшення її стану.

ЛІТЕРАТУРА

1. Долгий С.И., Зуев В.В., Смирнов С.В., Шубин С.Ф. ИК лазерные газоанализаторы дифференциального поглощения “ТРАЛ – 3” и “ТРАЛ – 3М” // Оптика атмосферы. 1991. Т. 4, № 5. С. 515 – 521.
2. Rafi A.S. Application of Raman scattering in remote sensing // Raman Spectroscopy: Sixty Years on. – Amsterdam, etc., 1989. P. 391 – 422.
3. Захаров В.М., Костко О.К., Торговичев В.А., Чаянов Э.А. Лазерные методы исследования загрязнений атмосферы. Обнинск, Информац. центр, 1976. – 34 с.
4. Титарь В.П., Шпаченко О.В., Некрасов В.И. Голографический лидар для экологического мониторинга атмосферы // Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна. / Радіофізика та електроніка. 2001. № 513, вип. 1. С. 151 – 160.

УДК 621.182.2.44

Третьяков О.В., канд. техн. наук, доц., УЦЗУ

ВПЛИВ ГОМОГЕННОЇ КРИСТАЛІЗАЦІЇ НА УТВОРЕННЯ ВІДКЛАДЕНЬ ВАЖКОРОЗЧИННИХ СПЛУК НА ТЕПЛОПЕРЕДАЮЧИХ ПОВЕРХНЯХ

(представлено д-ром техн. наук Яковлевою Р.А.)

Запропоновано фізико-хімічну модель процесу утворення відкладень як двостадійного процесу – доставки та закріплення часток твердої фази, що утворюються внаслідок гомогенної кристалізації у теплоносії. Отримано математичне описання процесу для випадку турбулентної течії робочого середовища. Отримані результати розрахунків за цією моделлю досить добре погоджуються з експериментальними даними по накипеутворенню солей жорсткості на теплопередаючих поверхнях

Постановка проблеми. Надійність і ефективність експлуатації різноманітних установок, які генерують теплову, або електричну енергію, багато як залежать від утворення відкладень важкорозчинних сполук (солей жорсткості) на теплопередаючих пове-

рхнях теплопередаючого обладнання. Саме поява таких відкладень на теплопередаючих поверхнях котлів теплових електростанцій та оболонках тепловиділяючих елементів реакторів атомних енергетичних установок стають головною причиною виникнення аварійних ситуацій на цих об'єктах, наслідки яких можуть бути дуже важкими. Утворення таких сполук у потоці теплоносія відбувається за рахунок присутності у теплоносії відповідних іонів. Тому процес утворення часток важкорозчинних сполук у потоці теплоносія є безумовно процесом гомогенної кристалізації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Механізм формування зовнішнього шару важкорозчинних солей, який відбувається за рахунок осадження часток з потоку теплоносія. Невелика концентрація дисперсної фази (часток) і незначна концентрація електроліту у реальних умовах експлуатації теплопередаючого обладнання, дозволяють полагати, що дисперсна система перебуває у стані неусталеної рівноваги, але дисперсна фаза при цьому перебуває у агрегативно усталеному стані [1]. Все це дає змогу полагати, що взаємодія часток у потоці практично відсутня, а доставка часток до поверхні підпорядковується законам конвективної дифузії.

Закріплення частки будемо розглядається як її незворотну фіксацію у найближчій потенційній ямі на кривій взаємодії частки зі стінкою. При цих умовах взаємодію доставленої частки з поверхнею може бути розраховано за допомогою залежностей, які отримані у теорії усталеності гідрофобних часток [2]. При цьому приймають до уваги, що наявність на потенційній кривій взаємодії максимуму (потенційного бар'єру) перешкоджає закріпленню тих часток, у яких кінетична енергія поступального руху ε менше висоти цього бар'єру U_{\max} .

Більшістю дослідників вважається, що частки з енергією $\varepsilon \geq U_{\max}$, які подолали бар'єр, не можуть здійснити зворотній перехід, як такі, що "скинули" надлишкову кінетичну енергію [3].

Постановка завдання та його вирішення. У відповідності з викладеним визначення швидкості утворення відкладень розпадається на дві самостійні задачі: визначення потоку доставлених до поверхні часток за рахунок конвективної дифузії і визначення висоти потенційного бар'єру, а також кількості часток, які мають кінетичну енергію, що перебільшує цей бар'єр.

Розглянемо стадію доставки часток з турбулентного потоку. В якості вихідної можна прийняти гіпотезу Л.Д. Ландау і В.Г. Леві-

ча про плавне затухання турбулентного руху у в'язкому підшарі. У цьому випадку турбулентний потік має чотирьохшарову структуру (рис. 1.), а розподілення об'ємних концентрацій розчиненої речовини у кожній області описується наступними рівняннями [4]

$$C_{IV} = \frac{j}{D} y \text{ при } y \leq \delta; \quad (1)$$

$$C_{III} = -\frac{j\delta_0^3}{3\gamma v_0 y^3} + c_2 \text{ при } \delta \leq y \leq \delta_0; \quad (2)$$

$$C_{II} = \frac{j}{\beta v_0} \ln \frac{y}{d} + c_1 \text{ при } \delta_0 \leq y \leq d, \quad (3)$$

де C_{II} , C_{III} , C_{IV} – об'ємні концентрації у відповідній області; j – потік розчиненої речовини; D – коефіцієнт молекулярної дифузії; v_0 – характеристична швидкість турбулентного потоку; β , γ – постійні порядку одиниці; c_1 , c_2 – постійні інтегрування.

Постійні інтегрування c_1 і c_2 і потік j у роботі [4] визначаються з умов змикання розподілень при граничних умовах

$$\begin{aligned} y = 0; & \quad C = 0; \\ y = d; & \quad C = C_0, \end{aligned} \quad (4)$$

які можуть бути прийняті тільки для дуже дрібнодисперсних систем, оскільки умова $C = 0$ виконується при $y = r$ (де r – радіус частки). Якщо прийняти до уваги той факт, що розмір виникаючих у розчині при гомогенній кристалізації рівноважних часток досягає $r \approx 1$ мкм [5, 6], то потрібно порівняти товщину дифузійного підшару, який є найбільшим опором для потоку часток до поверхні [4], з розміром самих часток. Для δ , відповідно до [4], маємо

$$\delta = \frac{10^{3/4} \nu}{Pr^{1/4} v_0 \sqrt[4]{\gamma}}, \quad (5)$$

де ν – кінематичний коефіцієнт в'язкості; $Pr = \nu/D$ – дифузійне число Прандтля.

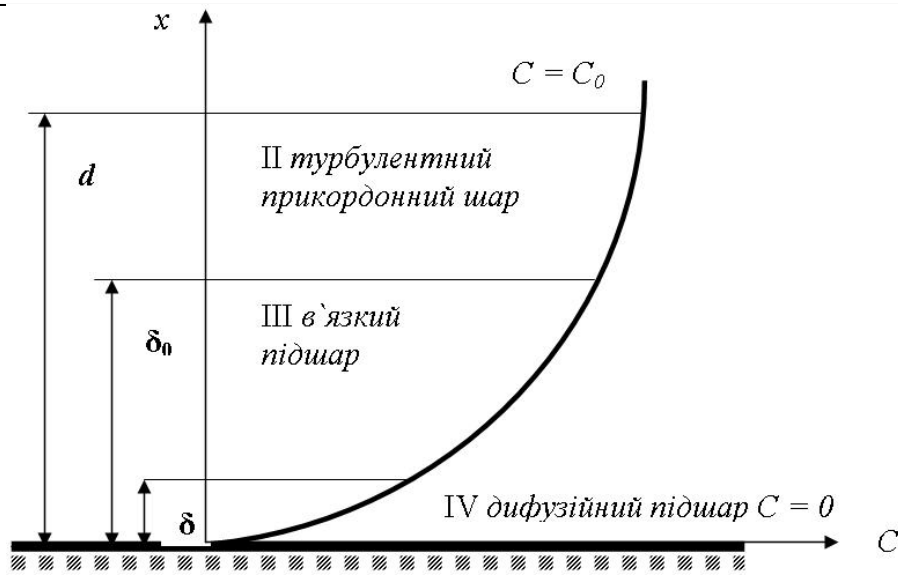


Рис. 1 – Структура турбулентного потоку і розподілення концентрації розчиненої речовини.

Виразимо v_0 через середню швидкість течії по трубі U_0

$$v_0 = U_0 \sqrt{\frac{k_f}{2}}; \quad (6)$$

$$k_f = 0,32 \text{Re}^{-1/4} \text{ при } \text{Re} \leq 10^6, \quad (7)$$

де k_f – коефіцієнт опору.

Оцінимо порядок величин, які входять до формули (5),

$$\nu = n_1 \cdot 10^{-6}; \quad \text{Pr} = \frac{\nu}{D} = \frac{n_1 \cdot 10^{-6}}{n_2 \cdot 10^{-12}} = n_3 \cdot 10^6;$$

$$v_0 = 0,4U_0 \text{Re}^{-1/8} = 0,4n_4 (n_5 \cdot 10^5)^{-1/8} = n_6 \cdot 10^{-1/2};$$

$$\gamma = n_7 \cdot 10^0,$$

де n_i – величини порядку одиниці. Тоді $\delta = n_8 \cdot 10^{-6,25} \approx 7 \cdot 10^{-7}$ м.

Таким чином, товщина дифузійного підшару має той же порядок, що і радіус часток твердої фази, які утворюються у розчині при гомогенній кристалізації. Отже, він не може бути основним опором для потоку дифундуючих до поверхні часток твердої фази важкорозчинних сполук.

У відповідності з викладеним схема розподілення концентрацій буде мати вигляд, наведений на рис. 2. Граничні умови $C = C_0$ при $y = d$ і $C = 0$ при $y = r$ і умова змикання розподілень C_{II} і C_{III} при $y_0 = \delta_0$ дозволяє знайти потік

$$j = C_0 \left[\frac{\delta_0^3}{3\gamma v_0} \left(\frac{1}{r^3} - \frac{1}{\delta_0^3} \right) - \frac{1}{\beta v_0} \ln \frac{\delta_0}{d} \right]^{-1}. \quad (8)$$

Основна відміна формули (8) для часток твердої фази важкорозчинних сполук, які виникають у потоці теплоносія внаслідок гомогенної кристалізації, від рівняння для колоїдних систем [4] – відсутність членів D і δ , які обумовлені молекулярною дифузиею.

З наведеного витікає, що розмір часток твердої фази, яка виникає у теплоносії за рахунок гомогенної кристалізації у розчині, має визначальне значення для доставки їх до теплопередаючих поверхней обладнання.

Неважко перекопатися, що і на стадії закріплення часток твердої фази на теплопередаючих поверхнях обладнання розмір часток відіграє дуже важливу роль. Взаємодія частки зі стінкою у першому наближенні може бути розрахована за допомогою залежностей, які отримані для сфероподібних часток [7, 8]

$$U = U_i + U_m, \quad (9)$$

$$U_i = \frac{\varepsilon r \varphi_1^2}{2} \ln(1 + e^{-\chi H}), \quad (10)$$

$$U_m = -\frac{Ar\lambda}{12H(\lambda + 3,54\pi H)} \text{ при } H \leq 150 \text{ \AA}, \quad (11)$$

$$U_m = -Ar \left[\frac{2,45\lambda}{120\pi H^2} - \frac{2,17\lambda^2}{72\pi^2 H^3} + \frac{0,59\lambda^3}{3360\pi^3 H^4} \right] \text{ при } H \geq 150 \text{ \AA}, \quad (12)$$

де U – повна потенційна енергія взаємодії двох часток; U_i – потенційна енергія сил іон-електростатичного відштовхування часток; U_m – потенційна енергія сил притягнення Ван-дер-Ваальса-Лондона з урахуванням ефекту електромагнітного запізнення; ε –

діелектрична проникливість середовища; φ_1 – падіння потенціалу у дифузійній частині подвійного електричного шару; H – відстань між частками; χ – параметр Дебая; A – стала Гамакера; λ – лондонівська довжина хвилі.

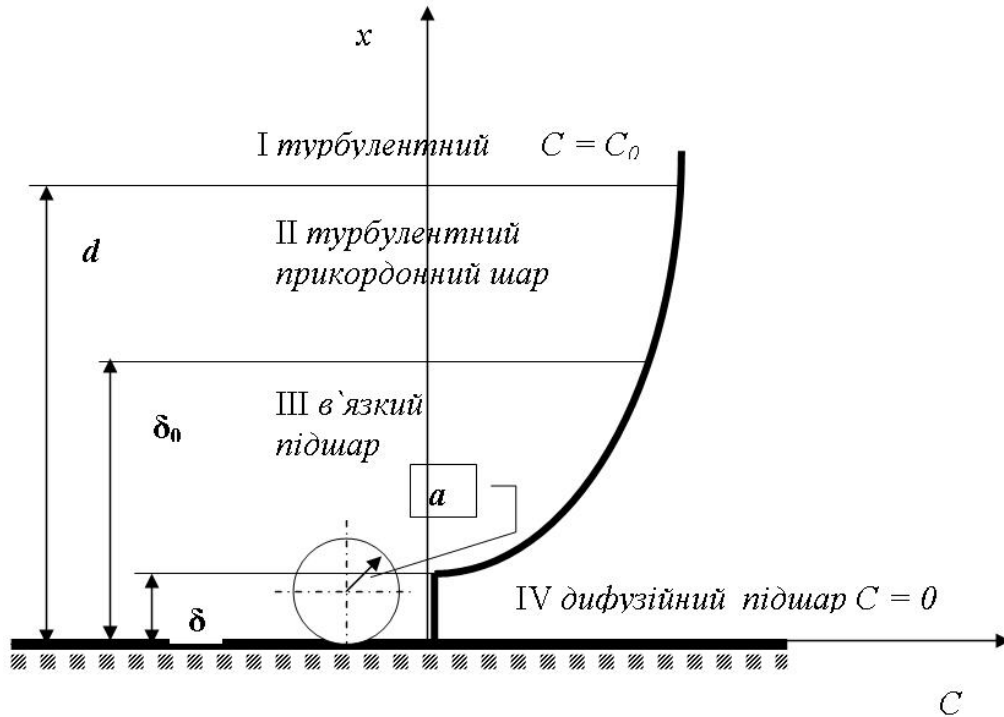


Рис. 2 – Розподілення концентрацій дисперсних часток твердої фази у турбулентному потоці

З наведеного витікає, що розмір часток твердої фази, яка виникає у теплоносії за рахунок гомогенної кристалізації у розчині, має визначальне значення для доставки їх до теплопередаючих поверхней обладнання.

Відносна кількість часток, кінетична енергія поступового руху яких перебільшує U_{\max} , можна знайти за допомогою розподілення Максвела [9] по значеннях кінетичної енергії поступального руху

$$\frac{n}{n_0} = \frac{2}{(kT)^{3/2} \sqrt{\pi}} \int_{U_{\max}}^{\infty} \exp\left(-\frac{\varepsilon}{\sqrt{kT}}\right) \sqrt{\varepsilon} d\varepsilon. \quad (13)$$

З урахуванням (8) отримуємо для потоку часток, що закріплюються на поверхні

$$j^* = \frac{C}{v} \frac{n}{n_0} \left[\frac{\delta_0^3}{3\gamma v_0} \left(\frac{1}{r^3} - \frac{1}{\delta_0^3} \right) - \frac{1}{\beta v_0} \ln \frac{\delta_0}{d} \right]^{-1}, \quad (14)$$

де C – масова концентрація часток твердої фази в ядрі потоку; v – питомий об'єм дисперсійного середовища.

Висновки. З формули (14) витікає, що швидкість утворення відкладень важкорозчинних сполук на теплопередаючих поверхнях визначається параметрами дисперсної фази, яка утворюється у потоці теплоносія за механізмом гомогенної кристалізації.

Запропонований підхід дуже добре погоджується з експериментальними результатами по утворенню відкладень солей жорсткості у каналі діаметром 20 мм з масовою швидкістю руху теплоносія 1400 кг/(м²·с) концентрації часток 20 мкг/л та концентрації електроліту 0,05 ммоль/л, а також з експлуатаційними результатами по утворенню відкладень на теплопередаючих поверхнях парогенераторів зверхкритичного тиску фірми Бабкок при концентрації часток 100 мкг/л і концентрації електроліту – 0,03 ммоль/л. [10]

ЛІТЕРАТУРА

1. Фридригсберг Д.А. Курс коллоидной химии.- Л.: Химия, 1974. – 420 с.
2. Ландау Л.Д. Собрание трудов. \ Под редакцией Е.М. Лифшица, т. 1.- М.: Наука, 1969. – 420 с.
3. Френкель Я.И. Кинетическая теория жидкостей.- Л.: Наука, 1975. – 576 с.
4. Левич В.Г. Физико-химическая гидродинамика.- М.: Физматгиз, 1959.– 460 с.
5. Третьяков О.В., Крицкий В.Г. Уравнение Оствальда-Фройндлиха и описание гомогенной кристаллизации в растворах с малым пересыщением // Изв. ВУЗ. Химия и химическая технология. 1989, т. 32, № 10, с. 48-53.
6. Третьяков О.В., Крицкий В.Г. Закономерности гомогенной кристаллизации из растворов // Украинский химический журнал. 1990, т. 56, № 6, с. 567-571.
7. Кройт Г.Р. Наука о коллоидах. т. 1.- М.: ИЛ, 1959. – 390 с.
8. Ефремов И.Ф. Периодические коллоидные структуры.- Л.: Химия, 1971. – 417 с.

9. Савельев И.В. Курс общей физики, т. 1.- М: Наука, 1966. – 530 с.
10. Романов В.А., Калмыков А.Н. Об образовании отложений малорастворимых продуктов коррозии // Изв. ВУЗ. Энергетика, 1977, № 7, с. 62 – 67.

УДК 621.396.98:355.77

*Чижев В.Ф., канд. техн. наук, доц., УГЗУ,
Макаренко В.Г., канд. техн. наук, ст. преп., ХУВС,
Подорожняк А.А., канд. техн. наук, ст. науч. сотр., ХУВС,
Рудаков С.В., канд. техн. наук, доц., ХУВС*

**ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ИНТЕГРИРОВАННОЙ
МАЛОГАБАРИТНОЙ EMS/GPS/ГЛОНАСС НАВИГАЦИОННОЙ
СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПОДВИЖНЫМИ
СРЕДСТВАМИ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

(представлено д-ром техн. наук Прохачем Э.Е.)

Разработаны предложения по использованию штабом по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций интегрированной малогабаритной MEMS/GPS/ГЛОНАСС навигационной системы для контроля и управления подвижными средствами

Постановка проблемы. В последнее время при осуществлении штабом по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) оперативного управления работой подвижных средств (ПС) рассматривается возможность использования систем дистанционного контроля и управления ПС (особенно в условиях сильной загазованности, радиационного загрязнения и т.д.). Создание таких систем невозможно без размещения на них бортовых приборов управления и контроля ПС.

Анализ последних исследований и публикаций. В работах, посвященных затронутым вопросам, описывается решение задачи управления и контроля ПС для комплексной навигационной системы, использующей как одну из составляющих инерциальную подсистему на гиросtabilизированной платформе [1, 3]. Такую навигационную систему проблематично реализовать в современ-

ных ПС, так как она представляет собой сложное электронно-механическое устройство с большим объемом (около 100 м³) и массой (около 40 кг).

Постановка задачи и ее решение. Авторы предлагают для повышения точности решения навигационной задачи применять в ходе ликвидации последствий ЧС интегрированную малогабаритную MEMS/GPS/ГЛОНАСС навигационную систему.

Определение параметров углового и линейного положения объекта (информация от которого может обрабатываться совместно с показаниями спидометра, датчика пройденного пути и аппаратуры спутниковой навигации) осуществляется в такой системе блоком чувствительных элементов и цифровой обработки сигналов.

Данные обрабатываются бортовым навигационным комплексом и по каналу сотовой связи GSM передаются в штаб по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (рис. 1).

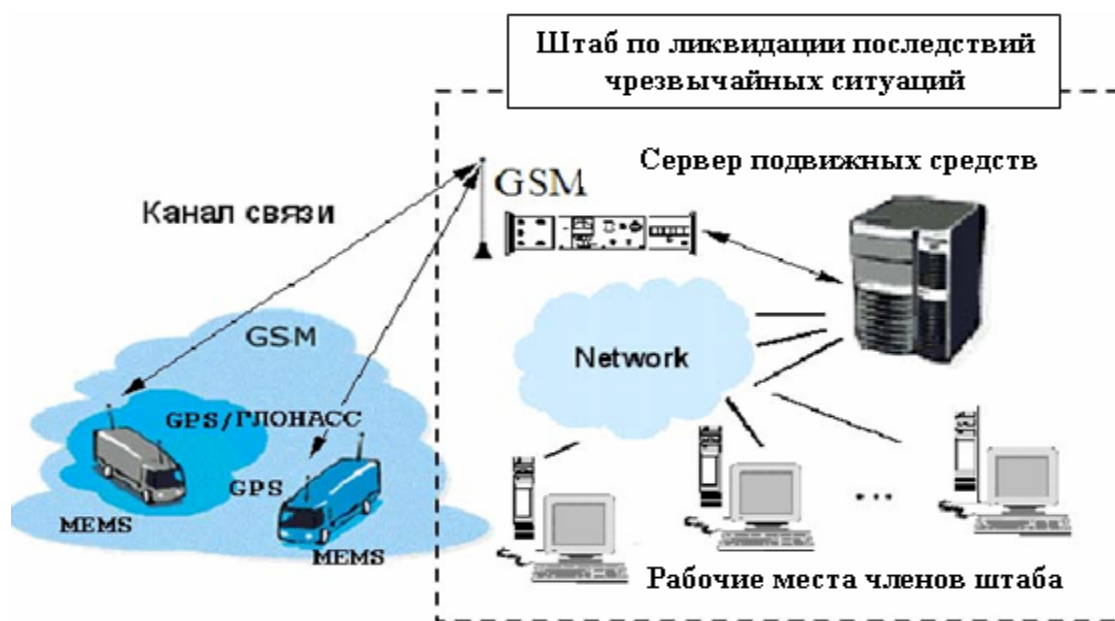


Рис. 1 – Интегрированная малогабаритная MEMS/GPS/ГЛОНАСС навигационная система контроля и управления подвижными средствами

В штабе осуществляется визуальный контроль местонахождения ПС на электронной карте местности, по информации от датчиков отображается состояние ПС и генерируются необходимые команды для управления. Накапливаемая информационная база

Предложения по использованию интегрированной малогабаритной MEMS/GPS/ГЛОНАСС навигационной системы для контроля и управления подвижными средствами при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций

данных используется для анализа и создания необходимых отчетов (например, о пройденном пути, количестве израсходованного топлива, степени загазованности, радиационном фоне или выполненных задачах в зоне чрезвычайной ситуации).

Основу предлагаемой навигационной системы, по мнению авторов, должен составлять бесплатформенный блок микроэлектромеханических датчиков движения (ББМДД), как наиболее надежная информативная и автономная система, имеющая в 66 раз меньший объем (0,6 м³) и в 500-100 раз меньшую массу (0,2 до 1 кг) по сравнению с инерциальной подсистемой на гиростабилизированной платформе. Выходом данной навигационной системы являются географические координаты, высота, проекции скорости относительно Земли и углы ориентации ПС.

В ББМДД акселерометры связаны непосредственно с корпусом ПС. Их задача – измерять вектор кажущегося ускорения

$$\mathbf{a}(t) = \mathbf{w}(t) - \boldsymbol{\omega}(t) \times \dot{\mathbf{R}}(t) + \mathbf{g}(t), \quad (1)$$

где $\mathbf{w}(t)$ - вектор действительного ускорения; $\boldsymbol{\omega}(t)$ - вектор угловой скорости измерительной системы координат относительно инерциальной; $\dot{\mathbf{R}}(t)$ - вектор поступательной скорости измерительной системы координат относительно инерциальной; \mathbf{g} - вектор ускорения силы тяжести, величина которого зависит от координат ПС.

Задача построения инерциальной системы отсчета решается в быстродействующем микропроцессорном устройстве по информации измерителей угловой скорости. Подключение инерциальных навигационных датчиков обеспечивает возможность реализации алгоритмов счисления пути (dead reckoning) даже при отсутствии GPS-сигнала. В случае, когда блок измерителей угловой скорости выдает данные о проекциях $\omega_{x^c}^a(t)$, $\omega_{y^c}^a(t)$, $\omega_{z^c}^a(t)$ вектора $\overline{\boldsymbol{\omega}}^a(t)$ на оси x^c, y^c, z^c , которые жестко связаны с объектом, матрицу $\mathbf{V}(t)$ направляющих косинусов перехода от связанной к инерциальной системе можно найти с помощью формулы Пуассона [6] из соотношения

$$\dot{\mathbf{V}}(t) = -\mathbf{V}(t) \cdot \boldsymbol{\Pi}^T(t) \quad (i, j = 1, 2, 3), \quad \text{при } \mathbf{V}(t_0) = \mathbf{V}_0, \quad (2)$$

где $\mathbf{V}(t) = \|C\alpha_{ij}\|$ - матрица соответствующих направляющих косинусов $C\alpha_{ij}$ углов α_{ij} , образованных i -й связанной осью и j -й осью инерциальной системы координат; $\mathbf{\Pi}(t)$ - матрица, элементами которой являются значения величин проекций вектора угловой скорости объекта $\omega_{x^c}^a(t)$, $\omega_{y^c}^a(t)$, $\omega_{z^c}^a(t)$ на связанные оси.

Таким образом, задача определения ориентации объекта (нахождения элементов матрицы $\mathbf{V}(t)$) сводится к интегрированию уравнения Пуассона, а задание начальных условий для этой системы уравнений представляет собой выставку навигационной системы. Использование информации от аппаратуры системы навигации (АСН) позволяет провести выставку в течение нескольких десятков секунд. Во время выставки ПС должно быть неподвижным относительно Земли. После выставки ББМДД функционирует в режиме счисления координат.

Проекции вектора действительной скорости ПС относительно инерциальной системы координат можно найти, интегрируя (1)

$$\dot{\mathbf{R}}(t) = \dot{\mathbf{R}}(t_0) + \int_{t_0}^t [\mathbf{w}(t) - \boldsymbol{\omega}(t) \times \dot{\mathbf{R}}(t) + \mathbf{g}(t)] \cdot dt. \quad (3)$$

Текущие координаты находят, интегрируя систему (3)

$$\mathbf{R}(t) = \mathbf{R}(t_0) + \int_{t_0}^t [\dot{\mathbf{R}}(t) - \boldsymbol{\omega}(t) \times \mathbf{R}(t)] \cdot dt, \quad \dot{\mathbf{R}}(t_0) = \dot{\mathbf{R}}_0; \mathbf{R}(t_0) = \mathbf{R}_0, \quad (4)$$

где \mathbf{R} – вектор местоположения ПС относительно инерциальной системы координат $X_u Y_u Z_u$; $\dot{\mathbf{R}}$ - вектор скорости ПС; \mathbf{g} - вектор ускорения силы тяжести, задаваемый в инерциальной системы координат.

Декартовы координаты $X_u Y_u Z_u$ связаны с геоцентрическими (R, φ, λ) следующими соотношениями [7]

$$R = \sqrt{X_u^2 + Y_u^2 + Z_u^2}; \varphi = \arctg \frac{Z_u}{\sqrt{X_u^2 + Y_u^2}}; \lambda = \arctg \frac{Y_u}{X_u} [-\pi, \pi] - S_{zp}, \quad (5)$$

где S_{zp} – гринвичское звездное время в радианах.

На основании известных координат R, φ, λ и X_u, Y_u, Z_u вычисляются проекции g_{Xu}, g_{Yu}, g_{Zu} вектора g [1].

Если местоположение пункта назначения задано в геодезических координатах, то текущие значения геодезических координат ПС могут быть вычислены по алгоритму, приведенному в [5].

Несмотря на значительный прогресс в области спутниковой навигации, точность спутниковых определений остается низкой, даже если технические возможности позволяют реализовать более высокие ее характеристики. В соответствии с требованиями законодательств на территории СНГ в большинстве образцов АСН точность выходных навигационных параметров с помощью специальных размазывающих коэффициентов преднамеренно снижается до 30 м. С учетом того, что длина самого ПС может превышать 10 м, на цифровой карте положение ПС достаточно часто не совпадает с профилем дороги. Использование предложенной интегрированной малогабаритной навигационной системы должно привести к уменьшению вероятности возникновения подобных ситуаций.

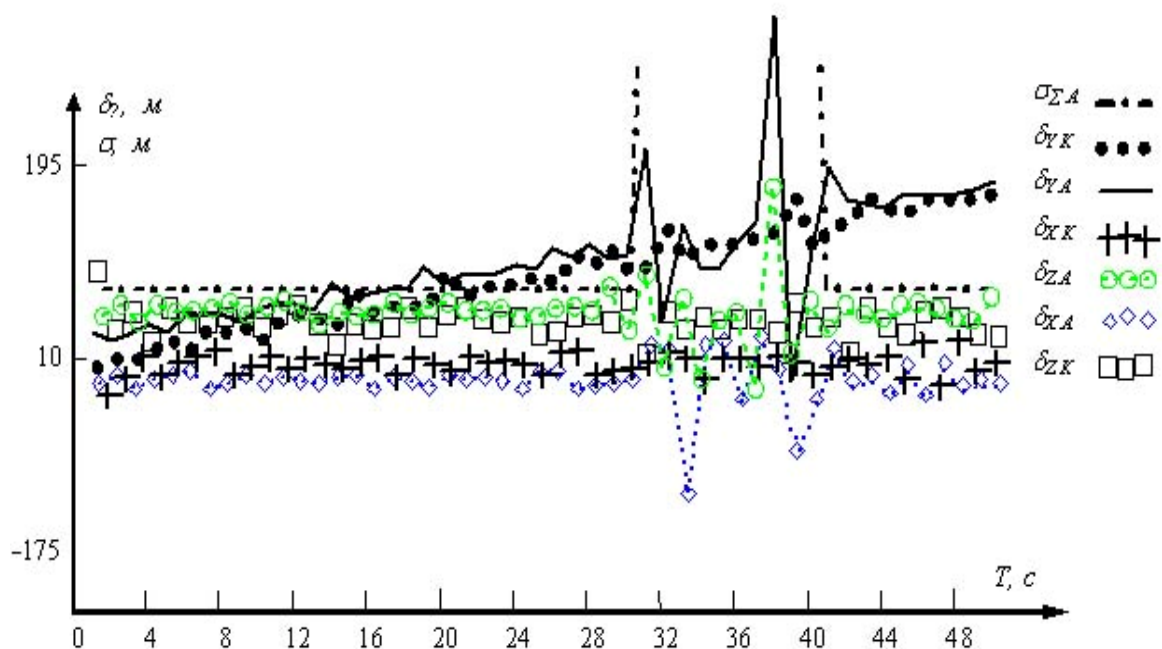


Рис. 2 – Зависимость корректирующих приращений и обобщенной ошибки навигационных определений при наличии аномальных измерений АСН для комплексной навигационной системы ПС в зависимости от времени наблюдения

Исследование точностных характеристик предлагаемой навигационной системы проводилось при использовании маршрутов, близких к реальным траекториям. Работа ББМДД и остальных подсистем моделировалась в соответствии с их алгоритмами функционирования.

Результаты моделирования представлены на рис. 2 с индексом „К”.

Анализ графической информации, представленной на рис. 2, показывает, что для предлагаемой навигационной системы обобщенная характеристика точности навигационных определений σ_{Σ} в нормальном режиме функционирования АСН не менее, чем на 20% лучше, чем при использовании для навигации ПС только АСН.

Выводы. Разработаны предложения по использованию штабом по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций интегрированной малогабаритной MEMS/GPS/ГЛОНАСС навигационной системы для осуществления визуального контроля местонахождения подвижных средств на электронной карте местности и управления ними по информации от датчиков, отображающих их состояние. В качестве основы навигационной системы рекомендовано выбрать бесплатформенный блок микроэлектромеханических датчиков движения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабич О.А. Обработка информации в навигационных комплексах. – М.: Машиностроение, 1991. – 512 с.
2. Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальная спутниковая система определения местоположения и ее применение в геодезии. - М.: Картогеоцентр – Геодезиздат, 1999. – 272 с.
3. Макаренко В.Г., Подорожняк А.А., Рудаков С.В., Швец С.В. Бесплатформенная комплексная навигационная система для управления транспортными средствами // Системи обробки інформації. – Харків: ХУ ПС. – 2006. – Вип. 1 (50). – С. 107-116.
4. Фоменко О.Н., Журавлев А.А., Макаренко В.Г. Инвариантный контроль и коррекция комплексированных навигационных систем в задачах универсализации управления аэробаллисти-

- ческих летательных аппаратов // Системы обработки информации. – Харьков: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, – 2002. – Вып. 6 (22). – С. 83-93.
5. Соловьев Ю.А. Спутниковая навигация и ее приложения. – М.: Эко-Трендз, 2003. – 326 с.
 6. Лебедев Д.В., Ткаченко А.И. Системы инерциального управления. Алгоритмические аспекты. – Киев: Наук. думка, 1991. – 208 с.
 7. Галазин В. Ф., Каплан Б. Л., Лебедев М. Т. и др. Система геодезических параметров Земли "Параметры Земли 1990 года" (ПЗ-90): справочный документ. – М.: Координационный научно-информационный центр, 1998. – 36 с.

УДК 351.861

*Чуб И.А., канд. техн. наук, уч. секр., УГЗУ,
Добротворский С.С., д-р техн. наук, проф., ХГТУСА*

ИЕРАРХИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ

(представлено д-ром техн. наук Кривцовой В.И.)

В работе предложена структурную схему и формализованное описание двухуровневой иерархической модели системы управления техногенной безопасностью

Постановка проблемы. В настоящий момент ограниченность ресурсов (материальных, информационных, людских), износ производственных фондов, отсутствие достаточного финансирования, рост количества чрезвычайных ситуаций (ЧС) с тяжелым прямым и косвенным ущербом требует оптимизации распределения ресурсов, формирования адекватной системы управления безопасностью. Механизм построения таких систем является многогранным и до конца не изученным. Поэтому построение оптимальной многоуровневой системы управления техногенной безопасностью (СУТБ) является важной научной проблемой.

Анализ последних исследований и публикаций. Организационная структура систем управления техногенной безопасностью разного уровня определена нормативными документами [1, 2], где выделены объектовый, местный, региональный и обще-

государственный уровни. Основы моделирования иерархических систем заложены в [3]. В работах [4, 5] даны отдельные вопросы моделирования таких систем и, в частности, показано, что реальные системы управления техногенной безопасностью должны обладать следующими свойствами:

1. Любая система управления техногенной безопасностью не может функционировать без разделения функций принятия решений, что является спецификой иерархической структуры. Иначе размерность системы в целом будет такова, что даже введение декомпозиции при выборе управления может оказаться неприемлемым.

2. Действие внешних возмущений на отдельные подсистемы устраняется самостоятельно и может не затрагивать другие подсистемы, что увеличивает адаптацию системы и позволяет сократить затраты времени и средств на управление.

3. Обеспечение большей надежности, так как выход из строя системы управления отдельной подсистемой не должен вести к выходу из строя всей системы в целом.

4. Учет инерционности отдельных подсистем, что допускает автономное функционирование подсистем на некоторых промежутках времени.

5. Описание подсистем с учетом различных аспектов: физических, экономических, геометрических.

6. Каждая из подсистем имеет свои локальные критерии оптимальности, которые в общем случае могут быть не согласованы с целью всей системы.

Анализ свойств реальных систем управления техногенной безопасностью показывает, что иерархические модели дают более точное их описание, чем модели централизованные. В первую очередь это касается свойств 3, 5, 6:

- иерархическая модель допускает определенный диапазон по точности информации, то есть искажение информации по одной из управляемых переменных не является катастрофическим для всей системы в целом и не вызывает значительного роста стоимости и времени выработки управляющих воздействий (свойство 3);

- Иерархическая структура управления допускает описание подсистем с учетом различных аспектов, в то время, как централизованная система управления требует, чтобы все подсистемы, входящие в ее состав, описывались на одном языке (свойство 5).

▪ Для централизованных систем характерна единая цель функционирования, в то время как иерархические системы допускают многообразие целей и являются многокритериальными (свойство 6).

Итак, проведенный анализ показал, что реальные системы управления техногенной безопасностью должны иметь иерархическую структуру, так как иерархическая модель является более адекватной и позволяет учесть все их особенности. Однако иерархическая модель является значительно более сложной и требует дополнительных исследований на всех этапах моделирования. Поэтому разработка иерархических моделей системы управления техногенной безопасностью различных уровней является актуальной и важной научной задачей.

Постановка задачи и ее решение. Целью статьи является построение двухуровневой иерархической модели системы управления техногенной безопасностью. Задача построения двухуровневой иерархической СУТБ может быть сформулирована следующим образом: разработать структурную схему и формализованное описание двухуровневой иерархической СУТБ.

Рассмотрим два уровня системы безопасности – местный и объектовый, со структурой, заданной согласно [1, 2].

В этом случае система управления безопасностью может быть представлена двухуровневым деревом с корнем. Отметим, что здесь не рассматривается функциональная взаимосвязь подсистем на одном уровне. Заданы только вертикальные связи, которые являются комбинированными и моделируют информационные и ресурсные потоки между уровнями.

Введем следующие обозначения. Пусть N – количество подсистем первого уровня, что соответствует количеству объектов.

Для n -ой подсистемы i -го уровня, $i=1,2$ $X_{in}=\{x_{in}\}=\{x^{m_{in}}\}$ – множество векторов состояния $m=1,2,\dots,M_n$; $Y_{in}=\{y_{in}\}=\{y^{k_{in}}\}$ – множество векторов локальных выходных переменных $k=1,2,\dots,K_{in}$, по которым производится управление в данной подсистеме; $Z^1_{1n}=\{z^1_{1n}\}=\{z^{j_{1n}}\}$ – множество векторов обобщенных выходных переменных $j=1,2,\dots,J_n$, выдаваемых в систему второго уровня; $U_{in}=\{u_{in}\}=\{u^{l_{in}}\}$ – множество векторов самоуправления размерности $l=1,2,\dots,L_n$; $U^{n_2}=\{u^{n_2}\}=\{u^{r_2}\}$ – множество векторов управления размерности $r=1,2,\dots,\Gamma_n$, с помощью которых система второго уровня осуществляет управление n -ой подсистемой первого уровня; $F_{in}=\{f_{in}\}=\{f^{\theta_{in}}\}$ – множество векторов внешних возмущений размерности $\theta=1,2,\dots,\Theta$,

действующих на эту подсистему, которые задаются детерминированными постоянными величинами либо случайными величинами с известными законами распределения.

Связь системы второго уровня с некоторой подсистемой первого уровня осуществляется с помощью вектора z_{in} , а связь подсистемы первого уровня с системой второго уровня осуществляется с помощью вектора u_{in} .

Так как рассматриваемая система управления имеет как информационные, так и ресурсные (материальные) связи (потоки) между уровнями иерархии, для упрощения дальнейшего изложения представим множество Z^1_{1n} в виде:

$$Z^1_{1n} = Z^1_{инф_{1n}} \cup Z^1_{рес_{1n}}, \quad (1)$$

$$Z^1_{инф_{1n}} \cap Z^1_{рес_{1n}} = \emptyset,$$

а множество U^{n_2} в виде

$$U^{n_2} = U^{n_{инф_2}} \cup U^{n_{рес_2}}, \quad (2)$$

$$U^{n_{инф_2}} \cap U^{n_{рес_2}} = \emptyset.$$

Каждая подсистема связана переменными вида z^1_{1n} , u^{n_2} с соседними уровнями, что приводит к необходимости рассматривать взаимодействие всех подсистем друг с другом [3].

Подсистема второго уровня решает две задачи:

- задачу самоуправления;
- задачу управления подчиненными системами первого уровня, т.е. задачу координации.

Подсистема первого уровня решает только первую из указанных задач, которая включает в себя: получение информации об управляемом объекте, преобразование ее с целью синтеза закона управления и выдача ее на объект.

Графически подсистема управления техногенной безопасностью может быть представлена в следующем виде (рис. 1).

Вектор управления $u^{n_{рес_2}}$ (рис. 1а), соответствует материально-энергетическим связям между системами различных уровней и влияет на блок, описывающий объект управления, а вектор $u^{n_{инф_2}}$, который соответствует информационным связям, влияет на блок самоуправления подсистемы.

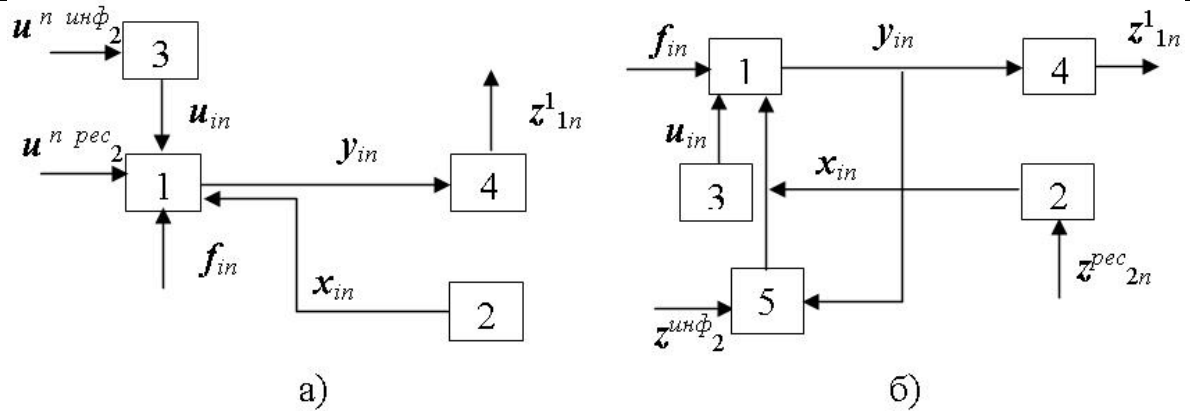


Рис. 1 – Схема системы безопасности:

а) подсистема первого уровня; б) подсистема второго уровня

1 – блок, описывающий объект управления,

2 – блок, формирующий состояние объекта управления,

3 – блок самоуправления,

4 – блок формирования выходных обобщенных переменных,

5 – блок координации (для второго уровня)

Вектор $z^{рес}_{2n}$ (рис. 1б), который является вектором обобщенных выходных переменных, поступающих в систему от подчиненных ей подсистем нижнего уровня, соответствует материально-энергетическим связям и влияет на блок состояния объекта, выход которого x_{in} определяет необходимую информацию для блока координации, а вектор $z^{инф}_{2n}$ влияет непосредственно на блок координации.

Некоторая подсистема первого уровня рассматриваемой иерархической системы управления безопасностью описывается следующими отображениями:

- отображением Y_{1n} , описывающим объект управления

$$Y_{1n}: X_{1n} \times U_{1n} \times F_{1n} \rightarrow Y_{1n}, \quad (3)$$

- отображением Z_{1n} , описывающим обобщенные переменные, идущие в подсистему второго уровня

$$Z_{1n}: Y_{1n} \rightarrow Z_{1n}, \quad (4)$$

- отображением Φ_{1n} , описывающим критерий оптимальности, на основании которого подсистема второго уровня определяет управляющие воздействия u^1_{2n}

$$\Phi_{2n}: U_{1n} \times Y_{in} \times U_{2n}^2 \rightarrow V_{2n}, \quad (5)$$

где V_{2n} – множество значений критерия Φ_{2n} ,

▪ Отображением F_{1n} , описывающим критерий оптимальности, на основании которого подсистема второго уровня определяет управляющие воздействия z_{1n}^1

$$F_{1n}: U_{1n} \times Y_{in} \times U_{2n}^2 \rightarrow V_{2n} \quad (6)$$

где V_{2n} – множество значений критерия Φ_{2n} .

Эти типы подсистем задаются отображениями G_{in} , Q_{in} , H_{in} , характеризующими ограничения на вектора y_{in} , x_{in} , u_{in} соответственно

$$G_{in}: Y_{in} \rightarrow G_{in}, \quad (7)$$

$$Q_{in}: X_{in} \rightarrow Q_{in}, \quad (8)$$

$$H_{in}: Y_{in} \rightarrow H_{in}, \quad (9)$$

где G_{in} , Q_{in} , H_{in} – множества значений соответствующих ограничений.

Выводы. Математическая модель (1-9) системы управления безопасностью позволяет проводить формализованный анализ функционирования реальной системы безопасности и формирование оптимальной системы управления безопасностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Про єдину державну систему запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру. Постанова КМУ № 1198 від 03.08.1998 р.
2. Про затвердження типових положень про функціональну та територіальну підсистеми єдиної державної системи запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру. Наказ МНС України № 387 від 21.12.1998 р.
3. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем.- М.: Мир, 1993.- 427 с.

4. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа.- М.: Наука, 1991. – 369 с.
5. Михалевич В.С., Волкович В.Л. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем.- М.: Наука, 1982.- 286 с.

УДК 681.3

*Шматко А.В., канд. техн. наук, доц., УГЗУ,
Неронов А.А., зам. нач. курса, УГЗУ*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ R-ФУНКЦИЙ В ЗАДАЧЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

(представлено д-ром техн. наук Куценко Л.Н.)

В работе предложен метод идентификации источников загрязнения, базирующийся на использовании структурно-аналитического (СА) подхода для машинного построения правил классификации в классе R-функций с адаптирующейся к реальным условиям структурой. Приведен алгоритм применения СА-метода для идентификации источника загрязнения по анализам проб воды, отобранных ниже места сброса

Постановка проблемы. Содержательная постановка данной проблемы сводится к следующему. Загрязняющие вещества попадают в речную воду со сточными водами промышленных предприятий. При этом возможны случаи, когда по тем или иным причинам на каком-либо из этих предприятий произойдет аварийное увеличение объема промышленных стоков. При известных химическом составе и концентрации основных ингредиентов (химический спектр) сточных вод каждого предприятия необходимо, по результатам химического анализа образца речной воды, отобранного на участке реки, расположенном ниже места сброса сточных вод, определить предприятие, виновное в техногенной чрезвычайной ситуации.

Анализ последних исследований и публикаций. Решению задач классификации посвящено большое количество работ отечественных [1-5] и зарубежных [6-12] ученых. В настоящее время сформированы общие дискриминанты [7, 8] и лингвисти-

ческий (структурный) подходы [10] к распознаванию образов. Однако проблема машинного узнавания еще далеко не решена. Основные трудности связаны с принципиальной сложностью моделирования механизма узнавания, разнотипностью признаков объектов, правильной оценкой объема таблицы эмпирических данных (ТЭД) и качества получаемого по ней правила классификации (ПК). Существующие сейчас методы классификационной обработки данных (КОД), за некоторым исключением [1,13], непригодны или мало эффективны для распознавания объектов с разнотипными признаками. При использовании дискриминантного подхода, для синтеза ПК, непосредственно не анализируются признаки объекта, игнорируется реальная структура данных и навязывается гипотетическая структура образов в пространстве признаков (компактность, нормальность распределения и т.д.). Лингвистический подход имеет пока ограниченные возможности для распознавания изображений и сцен. Адекватное отражение предметной области реального мира в структуре данных позволяет найти эффективную модель классификации, успешно решать задачи принятия решений. Если данным навязана жесткая структура, то можно прийти к отрицательному результату. Поэтому в данной работе рассматривается структурно-аналитический метод (СА) распознавания объектов с разнотипными признаками с применением R-отображений [14, 15]. Ранее этот метод успешно применялся для решения задач идентификации сложных производственных объектов [14], распознавания производственных ситуаций [16], технической диагностики и контроля качества работы технических систем. Для идентификации источников загрязнения СА-метод ранее не использовался.

Постановка задачи и ее решение. Идея СА-метода распознавания состоит в системном комбинированном использовании принципов дискриминантного и лингвистического подходов к проблеме распознавания с применением R-отображений.

Рассмотрим более подробно алгоритм решения задачи идентификации источника загрязнения речной воды, в котором реализуется СА-подход к распознаванию образов.

На первом шаге определяются все источники загрязнения, у которых расстояние до устья (L_i) меньше LL . Для каждого из отобранных предприятий строятся структурные образы источников загрязнений (СОИЗ) ($OP_i, i=1...h$). При построении СОИЗ используется информация из паспорта предприятия, сельскохозяйствен-

ного объекта и других источников информации о C_{ij} - концентрации загрязняющих веществ в сточных водах источника загрязнения (i – номер источника загрязнения, j – номер ингредиента в сточных водах источника).

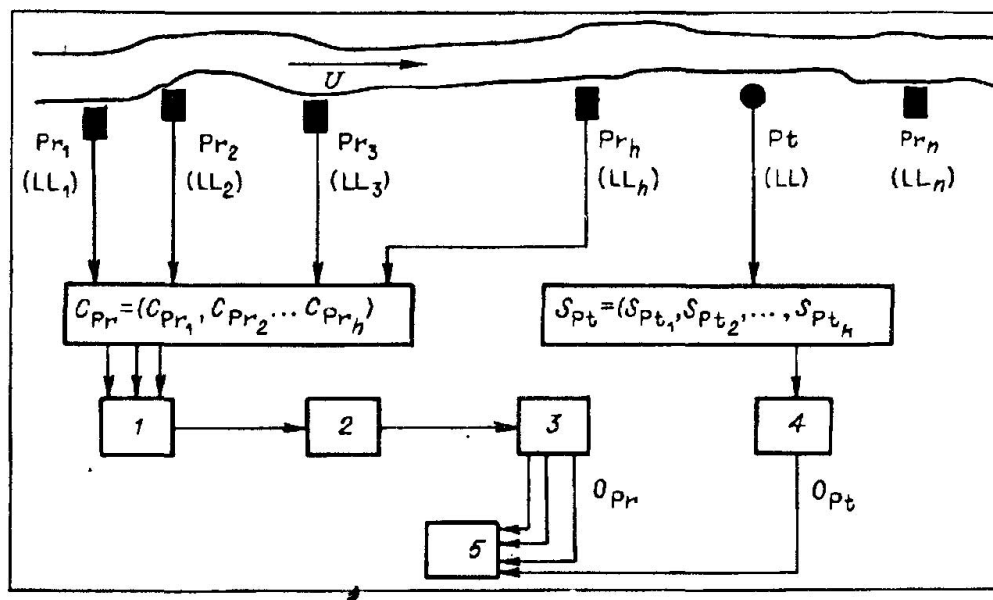


Рис. 1 – Иллюстрация к алгоритму идентификации источников загрязнения, где S_{ij} (i – номер пробы, j – номер ингредиента) - проба речной воды, пункт контроля - P_t , LL - расстояние от устья реки, P_r - предприятие (или участок реки)

Алгоритм построения СОИЗ заключается в следующем:

В блоке 1 для каждого источника загрязнения составляется система уравнений, моделирующих процесс разбавления отдельных компонентов сточных вод при прохождении ими пути от места сброса сточных вод до места забора речной воды на анализ. Методика построения таких моделей описана в работе [17]. При этом учитываются гидрологические характеристики реки (глубина, скорость течения и др.) а также метеорологические условия.

В блоке 2 описывается процесс разложения ингредиента в речной воде (без учета метеоданных) описывается уравнением

$$S_i = S_{oi} \exp(k_i x / V_{cp}),$$

где S_{oi} - начальная концентрация i -го ингредиента в речной воде, k_i - скорость распада i -го вещества в единицу времени в данных условиях [4], x - расстояние от места забора до предприятия источника загрязнения, V_{cp} - средняя скорость течения реки.

В блоке 3 проводится формирование СОИЗ.

В блоке 4 формируется «образ пробы» в тех же координатах, что были использованы и для СОИЗ.

В блоке 5 выполняется соответственно сама процедура распознавания образов: по образу пробы OP_t проводится распознавание класса из множества существующих классов OP_r .

При практической реализации решение поставленной задачи СА-методом производится в варианте КОД с обучением на основе построения СА-моделей распознавания, которые представляются двузначными R-функциональными регулярными грамматиками $G_R^{(2)}$ [14,15], порождающими язык описания образов $L_R(G_R^{(2)})$ в терминах R-функций, заданных на решающих прадеревьях. Внутренние вершины прадеревя $G_R^{(2)} = \Phi(x)$ соответствуют терминальным свойствам-предикатам (С-П) f_i ($1, \tilde{M}; \tilde{M} \leq M$), внешние — листьям с названиями распознаваемых классов или их фрагментов, а дуги — бинарным отношениям в виде R-конъюнкций [16] в отличие от традиционной конкатенации [10]. Путь, соединяющий корневую вершину f_1 , грамматического прадеревя $G_R^{(2)}$ с любым его листом, образует конъюнктивную цепочку (ветвь) соответствующих С-П, эквивалентную предложению в языке $L_R(G_R^{(2)})$. Конечное множество предложений, определенных по входной ТЭД, соответствует синтаксическому образцу, по которому непосредственно восстанавливается неизвестная $G_R^{(2)}$ с помощью обучающихся или самообучающихся алгоритмов. Грамматика $G_R^{(2)}$ порождает предложения синтаксического образца и позволяет предсказывать другие предложения той же природы, что и в образце. В качестве рабочей гипотезы принимается, что в любой задаче КОД, как правило, найдется словарь терминальных С-П из небольшого числа слов, для которого каждая реализация $x \in Z_0$ удовлетворяет лишь одному предложению языка $L_R(G_R^{(2)})$, а вероятность ошибки классификации не превышает допустимую величину. При этом между объектом распознавания \bar{x} и предложением

из ПК $\Phi(x)$ установлено отношение истинности вместо традиционной перекодировки [1, 10]. Истинность предложения $\Phi(\bar{x}) \in L_R(G_R^{(2)})$ для данного \bar{x} означает, что объект \bar{x} обладает всеми свойствами, которые определены входящими в предложение терминальными С-П с точностью до минимума эмпирического риска и с учетом структурной сложности $\Phi(\bar{x})$. Классификация объектов на s классов производится путем подстановки реализаций \bar{x} в С-П корневой вершины $f_1 \in G_R^{(2)}$ и дальнейшего самоанализирующегося (без громоздкой синтаксической процедуры анализа [10]) процесса грамматического разбора (распознавания). Результат классификации определяется номером x_{0k} , ($k = \overline{1, s}$) листа грамматической ветви, для которой $\Phi(\bar{x})$ оказалось истинным после подачи распознаваемого \bar{x} объекта на вход $G_R^{(2)}$.

Приведем основные эмпирические положения, которые применяются в процедуре восстановления грамматик:

- элементы цепочки синтаксического описания какой-либо смеси веществ с одинаковыми номерами могут меняться местами друг с другом ввиду случайных изменений концентраций ингредиентов в речной воде;
- в синтаксическом описании спектра пробы речной воды некоторые элементы, характерные для описаний спектров сточных вод предприятий, могут отсутствовать. Это соответствует результатам химических реакций веществ и образованию новых соединений, которые могут разлагаться или выпадать в осадок;
- наиболее информативными элементами цепочки синтаксического описания спектра пробы речной воды являются те, которые имеют наибольшие номера интервалов. Это объясняется малой вероятностью исчезновения загрязняющих веществ с наибольшей концентрацией в сточных водах предприятий. Соотношения данных концентраций более устойчивы к случайным возмущениям, чем соотношения концентраций веществ, представленных в промышленных стоках малыми концентрациями.

Выводы. В работе предложен алгоритм идентификации источников загрязнения, базирующийся на использовании СА-метода и теории R-функций. Представление описанных ПК R-функциями создает единую формальную основу для логической структуры идентифицируемых источников загрязнения и их аналитического описания. Применение операторов \aleph -формализации

к грамматикам $G^{(2)}$ позволяет получить R-функциональную грамматику $G_R^{(2)}$, которая описывается R-дизъюнкцией и R-конъюнкцией терминальных С-П. При этом СА-модель идентифицируемого источника загрязнения можно представить значной R_s функцией.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров В.В., Горский Н.Д. Алгоритмы и программы структурного метода обработки данных. – Л.: Наука, 1970. – 383 с.
2. Айвазян С.А., Бежаева З.И., Староверов О.В., Классификация многомерных наблюдений. – М.: Статистика, 1974. – 239 с.
3. Бонгард М.М. Проблемы узнавания. – М.: Наука, 1967. – 320 с.
4. Вапник В.Н., Червоненкис А.Я., Теория распознавания образов. – М.: Наука, 1974. – 415 с.
5. Цыпкин Я.З. Основы теории обучающих систем. – М.: Наука, 1970. – 251 с.
6. Бенерджи Р. Теория решения задач. – М.: Мир, 1972. – 224 с.
7. Дуда Р., Харт П., Распознавание образов и анализ сцен. – М.: Мир, 1976. – 511 с.
8. Нильсон Н. Обучающие машины. – М.: Мир, 1967. – 180 с.
9. Ту Дж. Гонсалес Р. Принципы распознавания образов. – М.: Мир, 1978. – 411 с.
10. Фу К.С. Структурные методы в распознавании образов. – М.: Мир, 1977. – 319 с.
11. Хант Э., Марин Дж., Стоун Ф. Моделирование процесса формирования понятий на вычислительной машине.. – М.: Мир, 1970. – 303 с.
12. Хант Э. Искусственный интеллект. – М.: Мир, 1978. – 558 с.
13. Лбов Г.С. Методы обработки разнотипных экспериментальных данных. – Новосибирск : Наука., 1981. – 158 с.
14. Сироджа И.Б. Салыга В.И. Идентификация динамических объектов с использованием R-функций. Изв. АН КазССР. сер.физ.-мат., 1972, №3, с. 51-55
15. Сироджа И.Б. Теоретические основы синтеза структурно-аналитических моделей и алгоритмов распознавания образов для автоматизации классификационной обработки данных

- (КОД). – Мат. Методы анализа динам. Систем, 1978, вып. 2, с.79-102
16. Стоян Ю.Г., Проценко В.С., Манько Г.П. и др. Теория R-функций и актуальные проблемы прикладной математики . – Киев: Наук. Думка, 1986. – 264 с.
17. Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод / Под ред. А.В. Караушева . – Л: Гидрометеиздат, 1987. – 287с.

АННОТАЦИИ

*Абрамов Ю.А., Гринченко Е.Н.,
Шевченко Р.И.*

НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОНИТОРИНГА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

В работе приведены изменения в проект первой редакции ДСТУ «Мониторинг. Термины и определения основных понятий.» Приведенные изменения в более полном объеме раскрывают содержание понятий и определений в сфере обеспечения мониторинга чрезвычайных ситуаций

Абрамов Ю.А., Коврегин В.В., Витько М.Н.
**МОДЕЛИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО
ЭЛЕМЕНТА ДАТЧИКА ПЕРВИЧНОЙ
ИНФОРМАЦИИ СИСТЕМЫ
МОНИТОРИНГА ЛОКАЛЬНОГО ТИПА**

Получены выражения для усредненных по объему переходной и передаточной функций чувствительного элемента датчика первичной информации системы мониторинга для одного из опасных факторов чрезвычайных ситуаций

*Абрамов Ю.А., Тютюнник В.В.,
Шевченко Р.И.*

АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКИ ОПАСНОГО СОСТОЯНИЯ РЕГИОНОВ УКРАИНЫ

На основании комбинированного метода прогнозирования, предложено проводить определение состояния химической опасности объектов и территорий по коэффициенту изменения химически опасного состояния в прогнозируемом периоде. Получены основные зависимости. Разработан прогноз относительно изменения химически опасного состояния регионов Украины на начало 2007 года

Бабенко А.В., Лесняк А.А.

АНАЛИЗ ПУТЕЙ СНИЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ПОЖАРОВ

Изложен анализ современных путей снижения экологических последствий чрезвычайных ситуаций и обоснована целесообразность применения неорганических гелей на силикатной основе для уменьшения экологических последствий пожаров

ABSTRACTS

*Abramov Yu.A., Grinchenko Ye.N.,
Shevchenko R.I.*

NORMATIVE-LAWFUL MAINTENANCE OF MONITORING OF EXTREME SITUATIONS

In work changes in the project of first edition SSU «Monitoring. Terms and definitions of the basic concepts.» are resulted. The resulted changes in more full volume open the contents of concepts and definitions in sphere of maintenance of monitoring of extreme situations

Abramov Yu.A., Kovregin V.V., Vit'ko M.N.
**MODELS OF THE SENSITIVE ELEMENT
OF THE GAUGE OF THE PRIMARY
INFORMATION OF SYSTEM OF
MONITORING OF LOCAL TYPE**

Expressions for the transitive on volume transitive and transfer functions of a sensitive element of the gauge of the primary information of system of monitoring for one of dangerous factors of extreme situations are received

*Abramov Yu.A., Tyutyunik V.V.,
Shevchenko R.I.*

THE ANALYSIS OF CHEMICALLY DANGEROUS CONDITION OF UKRAINE REGIONS

On the basis of the combined method of forecasting, it is offered to spend definition of a condition of chemical danger of objects and territory behind factor of change of chemically dangerous condition in the predicted period. The basic dependences are received. The forecast concerning change of chemically dangerous condition of regions of Ukraine on the beginning of 2007 is developed

Babenko A.V., Lesnyak A.A.

THE ANALYSIS OF WAYS OF DECREASE IN ECOLOGICAL CONSEQUENCES OF FIRES

The analysis of modern ways of decrease in ecological consequences of extreme situations is stated and the expediency of application of inorganic gels on a silicate basis for reduction of ecological consequences of fires is proved

Аветисян В.Г., Тригуб В.В.

**О ПРИМЕНЕНИИ «КОСЫНКИ
СПАСАТЕЛЬНОЙ» ДЛЯ ЭВАКУАЦИИ
ЛЮДЕЙ ИЗ ЗДАНИЙ ПОВЫШЕННОЙ
ЭТАЖНОСТИ**

Проведен анализ существующих средств спасения людей при пожарах. Предложена система эвакуации людей из зданий повышенной этажности

Avetisyan V.G., Trigub V.V.

**ABOUT APPLICATION «SAVING
KERCHIEF» FOR EVACUATION OF
PEOPLE FROM INCREASED FLOORS
BUILDINGS**

The analysis of existing means of rescue of people at fires is carried out. The system of evacuation of people from increased floors buildings is offered

Альбоцкий О.В.

**ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ
ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ ПОДГОТОВКИ
ЛИЧНОГО СОСТАВА
ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ОПЕРАТИВНО-
СПАСАТЕЛЬНОЙ СЛУЖБЫ
ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ НА
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ
ПРОФЕССИОНАЛЬНО-СЛУЖЕБНОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Статья посвящена анализу подходов к количественной оценке влияния уровня подготовки личного состава на результаты служебной деятельности подразделений оперативно-спасательной службы гражданской защиты. Предлагается использование методов, известных из области военной науки и применяющихся при моделировании боевых действий

Alboshchi O.V.

**APPROACHES TO DEFINITION OF
INFLUENCE OF THE LEVEL OF
PREPARATION OF STAFF OF DIVISIONS
OF OPERATIVE-SAVING SERVICE OF
CIVIL PROTECTION ON EFFICIENCY OF
THEIR PROFESSIONAL-SERVICE
ACTIVITY**

Article is devoted to the analysis of approaches to a quantitative estimation of influence of a level of preparation of staff on results of service activity of divisions of operative-saving service of civil protection. Use of the methods known from area of a military science and used at modelling of operations is offered

*Андронов В.А., Крайнюк О.В., Буц Ю.В.,
Семкив О.М.*

**ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНОЙ
СИТУАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В
СТРОИТЕЛЬСТВЕ ФОСФОГИПСА И
ЗОЛОШЛАКОВ**

Авторами изучалось взаимодействие инженерных сооружений, содержащих токсичные компоненты, с окружающей природной средой. Проведены экспериментальные исследования возможности создания экологически опасной ситуации при использовании золошлаков и фосфогипса в строительстве. Установлена значительная миграция тяжелых металлов в почве

*Andronov V.A., Krajnyuk O.V., Buts Yu.V.,
Semkiv O.M.*

**ESTIMATION OF THE OPPORTUNITY OF
CREATION OF ECOLOGICALLY
DANGEROUS SITUATION AT USE IN
CONSTRUCTION PHOSPHOGYPSUM
AND SLAGASHES**

Authors studied interaction of the engineering constructions containing toxic components, with surrounding natural environment. Experimental researches of an opportunity of creation of ecologically dangerous situation are carried out at use of slagashes and phosphogypsum in construction. Significant migration of heavy metals in ground is established

Безуглов О.Е.

**ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ СИЛОВЫХ
ПОЛЕЙ НА ПРОТИВОИЗНОСНЫЕ
СВОЙСТВА РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ
ДЛЯ ГИДРОПРИВОДОВ
СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

Рассмотрен один из путей увеличения ресурса специальной техники, используемой в подразделениях МЧС Украины

Bezuglov O.Ye.

**INFLUENCE OF EXTERNAL FORCE
FIELDS ON ANTIWEAR PROPERTIES OF
WORKING LIQUIDS FOR HYDRODRIVES
OF SPECIAL TECHNICAL EQUIPMENT**

One of ways of increase in a resource of the special technical equipment used in divisions of the Ministry of Emergency Measures of Ukraine is considered

*Барбашин В.В., Попов И.И., Толкунов И.А.,
Ромин А.В.*

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ
ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ
ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ**

В статье рассмотрены подходы к оценке экологичности среды обитания защитных сооружений гражданской обороны, проанализованы факторы загрязнения воздушной среды изолированных помещений, указаны перспективы развития средств системы жизнеобеспечения

Барбашин В.В., Фесенко Г.В., Рютин В.В.

**ОСОБЕННОСТИ ПРОГНОЗНОЙ
ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕК
ОПАСНЫМИ ХИМИЧЕСКИМИ
ВЕЩЕСТВАМИ ДЛЯ РАЗЛИЧНОГО
ВРЕМЕНИ ГОДА**

Определены параметры, которые необходимо дополнительно рассчитывать или уточнять во время проведения прогнозної оцінки заґрязнення рек в зимній період. Показані особливості прогнозної оцінки для різного часу року на прикладі ділянки річки Северський Донець

Бессонный В.Л.

**ПЛАН СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В
ЗОНЕ АНТРОПОГЕННЫХ ВЛИЯНИЙ
ОБЪЕКТОВ ПОВЫШЕННОЙ
ОПАСНОСТИ**

Представлен план создания системы экологического мониторинга на территории, подвергаемой антропогенному влиянию объектов повышенной опасности. Итерационный процесс создания ядра системы призван обеспечить рост достоверности прогнозирования и контроля. На каждой итерации выбор варианта ядра системы должен отвечать декларированным ограничениям

Дудак С.О., Хоменко В.С.

**ЧРЕЗВЫЧАЙНАЯ СИТУАЦИЯ НА
ОБЪЕКТЕ КАК СХЕМАТИЧЕСКОЕ
ОТОБРАЖЕНИЕ ЛОГИЧЕСКОЙ
СИСТЕМЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ
ПРОЦЕССОВ**

В статье рассматривается возможность наглядного представления чрезвычайной ситуации в резервуарном парке как логической системы последовательных и взаимозависимых процессов, а также поиск путей снижения опасности возникновения аварий на данных объектах

*Barbashin V.V., Popov I.I., Tolkunov I.A.,
Romin A.V.*

**ESTIMATION OF THE ECOLOGICAL
CONDITION OF THE INHABITANCY OF
PROTECTIVE CONSTRUCTIONS OF THE
CIVIL DEFENCE**

In article approaches to an estimation of ecological compatibility of an inhabitancy of protective constructions of a civil defence, factors of pollution of the air environment of isolated rooms are analysed, prospects of development of means of a life-support system are specified

Barbashin V.V., Fesenko G.V., Ryutin V.V.

**FEATURES OF THE PREDICTION
ESTIMATION OF POLLUTION OF THE
RIVERS DANGEROUS CHEMICAL
SUBSTANCES FOR THE VARIOUS
SEASON**

Parameters which are necessary for expecting or specifying in addition during carrying out prediction estimations of pollution of the rivers during the winter period are determined. Features prediction estimations for a various season are shown by the example of a site of the river Severski Donets

Bessonnyi V.L.

**THE PLAN OF CREATION OF SYSTEM
OF ECOLOGICAL MONITORING IN THE
ZONE OF ANTHROPOGENOUS
INFLUENCES OF OBJECTS OF THE
INCREASED DANGER**

The plan of creation of system of ecological monitoring in the territory subjected to anthropogenous influence of objects of increased danger is submitted. Iterative process of creation of a nucleus of system is called to provide growth of reliability of forecasting and the control. On each iteration the choice of a variant of a nucleus of system should answer to avowed restrictions

Dudak S.O., Homenko V.S.

**EXTREME SITUATION ON OBJECT AS
SCHEMATIC DISPLAY OF LOGIC
SYSTEM OF CONSECUTIVE PROCESSES**

In article the opportunity of evident representation of an extreme situation in tank park as logic system of consecutive and interdependent processes, and also search of ways of decrease in danger of occurrence of failures on the given objects is considered

Буц Ю.В., Цимбал В.А.

**АНАЛИЗ ВОДНОГО БАЛАНСА
ТЕРРИТОРИИ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ
УРОВНЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

В статье проведен анализ современного состояния подтопленных территорий в пределах прибрежной полосы Каховского водохранилища и рассчитан водный баланс подземных вод исследуемой территории. На основе проведенных расчетов планируется формирование предложений по снижению уровня грунтовых вод путем изменения водного баланса

Buts Yu.V., Tsimbal V.A.

**THE ANALYSIS OF WATER BALANCE OF
TERRITORY WITH THE PURPOSE OF
DECREASE IN THE LEVEL OF
UNDERGROUND WATERS**

In article the analysis of a modern condition of underflooded territories is carried out within the limits of coastal strip of a Kakhovskoye water basin and the water balance of underground waters of researched territory is designed. On the basis of the carried out calculations formation of offers on decrease in a level of subsoil waters is planned by change of water balance

Васильченко А.В., Ляшок Л.В.

**ПОИАНИЛИНОВЫЙ
МОЛЕКУЛЯРНЫЙ СЕНСОР**

Предложен полианилиновый электрод в качестве чувствительного молекулярного сенсора, способного контролировать загрязнение воздушных потоков и сточных вод органическими мономерами с малыми ПДК

Vasilchenko A.V., Lyashok L.V.

**POLYANILINE MOLECULAR SENSOR
CONTROL**

The polyaniline electrode is offered as the sensitive molecular sensor control, capable to supervise pollution of air streams and sewage by organic monomeasures with small maximum concentration limits

Залевский Г.С., Фещенко А.Б., Фещенко К.Б., Щербак Г.В.

**УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ДИСПЕРСНОЙ
СРЕДЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
СИГНАЛОВ В ЗАДАЧАХ
РАДИОЛОКАЦИОННОГО ПО-
ДПОВЕРХНОСТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ
ВЗРЫВООПАСНЫХ ПРЕДМЕТОВ**

Показано, что при решении задачи поиска установленных в грунте взрывоопасных предметов целесообразно применять радиолокационное подповерхностное зондирование сверхширокополосными сигналами. Обоснована необходимость частотной фильтровой обработки сигналов в радиолокаторе подповерхностного зондирования при обнаружении взрывоопасных предметов. Проведен синтез частотной характеристики корректирующего фильтра в условиях искажающего влияния дисперсного характера распространения радиоволн в грунте на спектр зондирующего сигнала

*Zalevski G.S., Feshchenko A.B.,
Feshchenko K.B., Shcherbak G.V.*

**THE ACCOUNT OF INFLUENCE OF THE
DISPERSE ENVIRONMENT OF
DISTRIBUTION OF SIGNALS IN TASKS
RADAR-TRACKING SUBSURFACE
SOUNDING OF EXPLOSIVE SUBJECTS**

It is shown, that at the decision of a task of search of the explosive subjects established in a ground it is expedient to apply radar-tracking subsurface sounding by superbroadband signals. Necessity of frequency filter processing of signals for a radar subsurface sounding is proved at detection of explosive subjects. Synthesis of the frequency characteristic of the adjusting filter in conditions of deforming influence of disperse character of distribution of radiowaves in a ground on a spectrum of a probing signal is carried out

Климчук Ю.В.

**ФУНКЦИИ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ
ВО ВРЕМЯ ВООРУЖЕННЫХ
КОНФЛИКТОВ**

В статье осуществляется анализ действующих норм международного гуманитарного права относительно гражданской обороны, систематизации ее функций и сферы применения

Klimchuk Yu.V.

**FUNCTIONS OF THE CIVIL DEFENCE
DURING CONFRONTATIONS**

In article the analysis of effective standards of the international humanitarian right concerning a civil defence, ordering of its functions and sphere of application is carried out

Захаренко О.В., Созник А.П.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН ЗАРАЖЕНИЯ ПРИ
РАЗРУШЕНИИ РЕЗЕРВУАРА С
МЕТАНОЛОМ НА ОТКРЫТОМ СКЛАДЕ
ХИМИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Проведён расчёт опасных зон, возникающих при аварии с полным разрушением резервуара с метанолом. Исследованы варианты распространения газа метанола в первичном и во вторичном облаках. Показано, что с точки зрения последствий такой аварии наибольшую опасность представляет распространение вторичного облака

*Калашников А.А., Поляк Т.Ю.,
Рашкевич С.А.*

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
КОМПОНОВКИ ОБОРУДОВАНИЯ В КУ-
ЗОВАХ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ
АВТОМОБИЛЕЙ**

Представлен алгоритм компоновки пожарно-технического вооружения (ПТВ) в кузове автомобиля. Осуществлено компьютерное моделирование компоновки ПТВ по отсекам кузова аварийно-спасательного автомобиля

Квитковский Ю.В.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ
УДАРНОЙ ВОЛНЫ, ОБРАЗУЮЩЕЙСЯ
ВО ВРЕМЯ ВЗРЫВА
ГАЗОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ**

В статье приведена общая методика расчета параметров ударной волны, возникающей во время взрыва газозвушной смеси. Даются рекомендации по использованию указанной методики во время проектирования сооружений гражданской защиты

Ковалев П.А., Стрелец В.М., Нередков Р.А.

**ОСОБЕННОСТИ ОБОСНОВАНИЯ
КОМПЛЕКСНЫХ НОРМАТИВОВ ДЛЯ
ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

Показано, что при обосновании нормативов для оценки уровня подготовленности спасателей в конкретном регионе целесообразно использовать результаты профессионально ориентированных соревнований. Отмечается целесообразность использования свойств нормального распределения для получения нормативных оценок комплексных практических занятий, присущих конкретному региону

Zaharenko O.V., Soznik A.P.

**DEFINITION OF ZONES OF INFECTION
AT DESTRUCTION OF THE TANK WITH
METHANOL ON GROUND STORAGE OF
THE CHEMICAL ENTERPRISE**

Calculation of the dangerous zones arising at failure with full destruction of the tank with methanol is carried out. Variants of distribution of gas methanol in primary and in secondary clouds are investigated. It is shown, that from the point of view of consequences of such failure the greatest danger is represented with distribution of a secondary cloud

*Kalashnikov A.A., Polyak T.Yu.,
Rashkevich S.A.*

**COMPUTER MODELLING OF
CONFIGURATION OF THE EQUIPMENT
IN BODIES OF RESCUE AUTOMOBILES**

The algorithm of configuration of fire-technical arms (FTA) in a body of the automobile is submitted. Computer modelling configuration on FTA compartments of a body of the rescue automobile is carried out

Kvitkovski Yu.V.

**DEFINITION OF PARAMETERS OF THE
SHOCK WAVE FORMED DURING
EXPLOSION OF THE AIR-GAS MIX**

In article the general design procedure of parameters of the shock wave arising during explosion of an air-gas mix is resulted. Recommendations on use of the specified technique are given during designing constructions of civil protection

Kovalev P.A., Strelets V.M., Neredkov R.A.

**FEATURES OF THE SUBSTANTIATION
OF COMPLEX SPECIFICATIONS FOR
PRACTICAL OCCUPATIONS**

It is shown that at a substantiation of specifications for an estimation of a level of readiness of rescuers in concrete region it is expedient to use results of professionally focused competitions. The expediency of use of properties of normal distribution for reception of normative estimations of the complex practical occupations inherent in concrete region is marked

Ковалев П.А., Щербак С.Н., Гусяков В.М.

ОСОБЕННОСТИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ВЫСОТЕ В ИЗОЛИРУЮЩИХ АППАРАТАХ

Показано, что при проведении аварийно-спасательных работ на высоте распределение времени выполнения операций, которые не относятся к экстремальным, является, как правило, скошенным, а операций, которые являются экстремальными, при хорошем уровне подготовленности – двухвершинным

Коленов О.М.

ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ ЛИЧНОГО СОСТАВА ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ОПЕРАТИВНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ

Рассматриваются проблемные вопросы проведения служебной подготовки работников органов управления и подразделений МЧС Украины. Анализ проведения служебной подготовки проводился на базе ГУ МЧС Украины в Харьковской области

Комяк В.М., Радченко А.А.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ РАЗМЕЩЕНИЯ УБЕЖИЩ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ

В работе рассмотрено состояние организации укрытия населения в защитных сооружениях гражданской обороны в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени. Осуществлена постановка задачи размещения убежищ гражданской обороны как задачи покрытия области

Петренко А.В., Вамболь С.А., Мищенко И.В.

ПУТИ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ

Проведен анализ существующих средств оценки годности транспортируемых изделий. Разработана концепция приборного обеспечения мониторинга выработки транспортно-ресурса опасных грузов по величине накопленных динамических воздействий. Показано, что задача правильного выбора параметров регистрирующего прибора сводится к согласованию его рабочего диапазона частот со спектром частот нагружения и с динамической характеристикой транспортируемого объекта

Kovalev P.A., Shcherbak S.N., Guslyakov V.M.

FEATURES OF RESCUE WORKS AT HEIGHT IN ISOLATING DEVICES

It is shown that at carrying out of rescue works at height distribution of time of performance of operations which do not concern to extreme, is, as a rule, oblique, and operations which are extreme, at a good level of readiness – two-topmost

Kolenov O.M.

FEATURES OF PREPARATION OF STAFF OF DIVISIONS OF OPERATIVE-SAVING SERVICE OF CIVIL PROTECTION

Problem questions of carrying out of service preparation of workers of controls and divisions of the Ministry of Emergency Measures of Ukraine are considered. The analysis of carrying out of service preparation was carried out on base MDMEM of Ukraine in the Kharkov region

Komyak V.M., Radchenko A.A.

STATEMENT OF THE TASK OF ACCOMMODATION OF REFUGES OF THE CIVIL DEFENCE

In work the condition of the organization of shelter of the population in protective constructions of a civil defence in extreme situations peace and a wartime is considered. Statement of a task of accommodation of refuges of a civil defence as tasks of a covering of area is carried out

Petrenko A.V., Vambol' S.A., Mishchenko I.V.

WAYS OF REALIZATION OF MONITORING OF THE TECHNICAL CONDITION OF DANGEROUS CARGOES AT TRANSPORTATION

The analysis of existing means of an estimation of the validity transported products is carried out. The concept of instrument maintenance of monitoring of manufacture of a shipping resource of dangerous cargoes on size of the saved up dynamic influences is developed. It is shown, that the problem of a correct choice of parameters of the recording device is reduced to the coordination of its working range of frequencies with a spectrum of weighting frequencies and with a transported object dynamic characteristic

Кривцова В.И., Ключка Ю.П., Грушко А.И.

**ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА
ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВС-РЕАКЦИЙ**

Проведено имитационное моделирование процессов генерации водорода из смеси AlH_3 и $LiAlH_4$ с использованием самораспространяющегося высокотемпературного синтеза интерметаллидов. Получены регрессионные модели массового содержания водорода и адиабатической температуры процесса выделения водорода данным способом

Krivtsova V.I., Klyuchka Yu.P., Grushko A.I.

**CHARACTERISTICS OF PROCESS OF
GENERATION OF HYDROGEN WITH USE
OF SHS-REACTIONS**

Imitating modelling processes of generation of hydrogen from mix AlH_3 and $LiAlH_4$ with use self-propagating high-temperature synthesis intermetallide is carried out. Regression models of the mass maintenance of hydrogen and adiabatic temperatures of process of allocation of hydrogen by the given way are received

Курская Т.Н., Сидоренко Г.С., Чернобай Г.А.

**ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ И
БЕЗОПАСНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ
ТЕМПЕРАТУРЫ КОНТАКТНЫМИ
ДАТЧИКАМИ НА ОСНОВЕ
МАЛОГАБАРИТНЫХ РЕПЕРНЫХ
ТОЧЕК**

Разработана схема самокалибрующегося датчика температуры и проведены предварительные исследования фазовых переходов, характеризующих процессы плавления (затвердевания) чистых металлов в малогабаритных реперных точках

Kurskaya T.N., Sidorenko G.S., Chernobai G.A.

**INCREASE OF ACCURACY AND SAFETY
OF MEASUREMENTS OF
TEMPERATURE CONTACT GAUGES ON
THE BASIS OF SMALL-SIZED FIDUCIAL
POINTS**

The circuit self-calibrating the gauge of temperature is developed and preliminary researches of the phase transitions describing processes of fusion of pure metals in small-sized fiducial points are carried out

Михайлюк А.П., Олейник В.В.

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ
ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТИ КАК
СОСТАВЛЯЮЩАЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
УРОВНЯ ТЕХНОГЕННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ**

На основании изучения требований законодательной и нормативной базы к выполнению идентификации объектов повышенной опасности разработаны рекомендации, позволяющие ускорить исследования по выявлению объектов повышенной опасности

Mihailyuk A.P., Oleinik V.V.

**IDENTIFICATION OF OBJECTS OF THE
INCREASED DANGER AS THE
COMPONENT OF MAINTENANCE OF
LEVEL OF MAN-CAUSED SAFETY**

On the basis of studying requirements of legislative and normative base to performance of identification of objects of the increased danger the recommendations are developed, allowing to speed up researches on revealing objects of the increased danger

Пономарев В.О., Кулаков О.В., Райз Ю.М.

**ВЕРОЯТНОСТЬ ОТКАЗА КАБЕЛЬНОГО
ИЗДЕЛИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ
ИЗМЕНЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЕГО
ИЗОЛЯЦИИ ВО ВРЕМЕНИ**

На примере кабелей марок АВВГ 4x10 и ВВГ 4x95 получены теоретические зависимости сопротивления изоляции кабельного изделия (КИ) от времени его эксплуатации и времени эксплуатации от сопротивления изоляции. Это позволяет определить вероятность отказа КИ при его эксплуатации и предотвратить возникновение чрезвычайной ситуации техногенного характера

Ponomarev V.O., Kulakov O.V., Raiz Yu.M.

**PROBABILITY OF REFUSAL OF THE
CABLE PRODUCT DEPENDING ON
CHANGE OF RESISTANCE OF ITS
ISOLATION IN TIME**

By the example of cables of marks AVVG 4x10 and VVG 4x95 theoretical dependences of resistance of isolation of cable product (CP) on time of its operation and time of operation on resistance of isolation are received. It allows to determine probability of CP refusal at its operation and to prevent occurrence of an extreme situation of man-caused character

Новожилова М.В., Овечко К.А.

**МЕТОДЫ ВЫБОРА ВАРИАНТА
ПОСТРОЕНИЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

В работе предложена концепция инкапсуляции необходимого математического аппарата в состав разрабатываемой системы поддержки принятия решений по оптимальной структуре информационной подсистемы системы предупреждения чрезвычайных ситуаций

Novozhilova M.V., Ovechko K.A.

**METHODS OF THE CHOICE OF THE
VARIANT OF CONSTRUCTION OF THE
AUTOMATED SYSTEM OF THE
PREVENTION OF EXTREME
SITUATIONS**

In work the encapsulation concept of the necessary mathematical device in structure of developed system of support of decision-making on optimum structure of an information subsystem of system of the prevention of extreme situations is offered

Прусский А.В., Калугин В.Д.

**ГАЗОВЫЕ ПОЖАРНЫЕ ИЗВЕЩАТЕЛИ
НА БАЗЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ
СЕНСОРОВ. ВОПРОС ОШИБОЧНЫХ
СРАБАТЫВАНИЙ**

Проведено обоснование актуальности использования полупроводникового датчика в газовом пожарном извещателе (ГПИ) системы пожарной сигнализации. На основе анализа состава воздуха и продуктов тления дерева предложено для снижения количества ошибочных срабатываний ГПИ рассчитывать технические характеристики последних на монооксид углерода (СО)

Pruski A.V., Kalugin V.D.

**GAS FIREMEN ANNUNCIATORS ON THE
BASIS OF SEMI-CONDUCTOR SENSOR
CONTROLS. THE QUESTION OF
ERRONEOUS OPERATIONS**

The substantiation of a urgency of use of the semi-conductor gauge in gas fire annunciator (GFA) of the fire signal system is carried out. On the basis of the analysis of structure of air and products of decay of a tree it is offered to expect for decrease in quantity of erroneous operations of GFA characteristics of the last on carbon monoxide (CO)

Селеенко Е.Е.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИСКАЖЕНИЙ
СЛОЖНЫХ СИГНАЛОВ В ЗАДАЧАХ
РАДИОЛОКАЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ПРИ
ПРОВЕДЕНИИ ПОИСКОВО-
СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

Показано, что при решении задачи обнаружения взрывоопасных предметов, расположенных в толще грунта, а также проведение поисково-спасательных работ на водной поверхности целесообразно использование методов радиолокационного зондирования с применением сложных сигналов. Обоснована необходимость минимизации уровня шумов в спектре излучаемого сигнала до допустимых значений. Проведены исследования характера и уровня внутриполосных искажений излучаемых сложных сигналов с целью определения области и величины минимальной интенсивности искажений

Seleyenko Ye.Ye.

**RESEARCH OF DISTORTIONS OF
COMPLEX SIGNALS IN TASKS OF
RADAR-TRACKING SOUNDING
OBJECTS AT CARRYING OUT OF
SEARCH AND RESCUE WORKS**

It is shown, that at the decision of a task of detection of the explosive subjects located in a thickness of a ground, and also carrying out of search and rescue works on a water table is expedient use of methods of radar-tracking sounding with application of complex signals. Necessity of minimization of a level of noise for a radiated signal spectrum up to allowable values is proved. Researches of character and a level of intrastrip distortions radiated difficult signals are carried out with the purpose of definition of area and size of the minimal intensity of distortions

Садковой В.П., Абрамов Ю.А.

**ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
РАСПЫЛИТЕЛЕЙ ВОДЫ**

Получены переходная и передаточная функции многоканальных распылителей центробежного типа

Sadkovo V.P., Abramov Yu.A.

**DYNAMIC CHARACTERISTICS OF
SPRAYS OF WATER**

Transitive and transfer functions of multichannel sprays of centrifugal type are received

Стрелец В.М., Лапшин О.В., Савельев Д.И.
**РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО
ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АППАРАТОВ НА
ХИМИЧЕСКИ СВЯЗАННОМ
КИСЛОРОДЕ**

Определены параметры, которые необходимо контролировать во время проверки герметичности аппаратов на химически связанном кислороде. Показана целесообразность их использования оперативным персоналом объектов, где произошла чрезвычайная ситуация. Предложен метод определения временных характеристик, рассчитываемых на посту безопасности

Третьяков О.В.

**ВЛИЯНИЕ ГОМОГЕННОЙ
КРИСТАЛЛИЗАЦИИ НА
ОБРАЗОВАНИЕ ОТЛОЖЕНИЙ
ТРУДНОРАСТВОРИМЫХ
СОЕДИНЕНИЙ НА
ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩИХ
ПОВЕРХНОСТЯХ**

Предложена физико-химическая модель процесса образования отложений как двухстадийного процесса – доставки и закрепления частиц твердой фазы, образующихся вследствие гомогенной кристаллизации в теплоносителе. Получено математическое описание процесса для случая турбулентного течения рабочей среды. Полученные результаты расчетов по этой модели достаточно хорошо согласуются с экспериментальными данными по накипеобразованию солей жесткости на теплопередающих поверхностях

Соловей В.В., Давидюк О.В., Буц Ю.В.

**АНАЛИЗ И ОЦЕНКА РИСКА АВАРИЙ –
ОСНОВА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ
УПРАВЛЕНИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ
БЕЗОПАСНОСТЬЮ**

Проанализировано прохождение процедуры декларирования безопасности и определены основные недостатки действующей нормативной базы. Рассмотрены методологические и практические вопросы анализа и количественной оценки риска. Определена необходимость дальнейшего развития и совершенствования методов количественной оценки риска. Предложены пути повышения уровня промышленной безопасности на начальных этапах проектирования

Strelets V.M., Lapshin O.V., Savel'yev D.I.
**DEVELOPMENT OF OFFERS ON USE OF
DEVICES ON CHEMICALLY
CONNECTED OXYGEN**

Parameters which are necessary for supervising during check of tightness of devices on chemically connected oxygen are determined. The expediency of their use is shown by operation personnel of objects where there was an extreme situation. The method of definition of the time characteristics considered in the rank of safety is offered

Tretyakov O.V.

**INFLUENCE OF HOMOGENEOUS
CRYSTALLIZATION ON FORMATION OF
ADJOURNMENT OF ALMOST
INSOLUBLE CONNECTIONS ON HEAT-
TRANSMITTING SURFACES**

It has been proposed the physicochemical model of process deposit formation, as two-stage process – delivery and fixing particles solid phase, which are formed as result of homogeneous crystallization in the heat carrier. It has been taken mathematical formulation of process for case when workspace has turbulent motion. The results of calculation which have been received for this model, are good coordinated with experimental data scale formation of salt harshness on the heat-exchange surface

Solovei V.V., Davidyuk O.V., Buts Yu.V.

**THE ANALYSIS AND ESTIMATION OF
RISK OF FAILURES – THE BASIS OF
DECISION-MAKING AT MANAGEMENT
OF INDUSTRIAL SAFETY**

Passage of procedure of declaring of safety is analysed and the basic lacks of working normative base are determined. Methodological and practical questions of the analysis and a quantitative estimation of risk are considered. Necessity of the further development and perfection of methods of a quantitative estimation of risk is determined. Ways of increase of a level of industrial safety at the initial stages of designing are offered

*Сенчихин Ю.Н., Каракулин Б.В.,
Сенчихин В.Ю.*

**РАЗРАБОТКА НОВЫХ
ИМИТАЦИОННЫХ СРЕДСТВ
ОБСТАНОВКИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ
СИТУАЦИЙ И МЕТОДИКА ИХ
ПРИМЕНЕНИЯ**

Предлагаются новые средства имитации обстановки чрезвычайных ситуаций виде знаков двух видов, информационные и предупреждающие. Соответственно каждому направлению разработана методика их использования в зависимости от информативности обстановки на конкретном объекте

Соболь А.Н.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО
РАЗБИЕНИЯ ГОРОДА НА РАЙОНЫ
ВЬЕЗДА ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ
ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ**

В работе приведено моделирование рационального разбиения города на районы выезда пожарно-спасательных подразделений с использованием заданного нормативного времени прибытия подразделения к месту чрезвычайного события

Тарасенко А.А., Абрамов Ю.А.

**КРИТЕРИЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ
ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ
ЛЕСОПОЖАРНОЙ СИТУАЦИИ**

Предложен критерий оптимального сценария ликвидации чрезвычайной ситуации. Рассмотрены составные части данного критерия

Третьяков О.В.

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЛАЗЕРНЫЙ
КОМПЛЕКС ОПЕРАТИВНОГО
КОНТРОЛЯ КОНЦЕНТРАЦИИ
ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА
УРОВНЕ ИСТОЧНИКА ВЫБРОСОВ В
АТМОСФЕРУ**

Усовершенствованы теоретические основы ДРП и СКР методы лазерной диагностики и разработан на их основе автоматизированный лазерный комплекс оперативного высокоточного, чувствительного контроля концентрации вредных и опасных веществ на уровне выхода из промышленного источника в атмосферу

*Senchikhin Yu.N., Karakulin B.V.,
Senchikhin V.Yu.*

**DEVELOPMENT OF NEW IMITATING
MEANS OF CONDITIONS OF EXTREME
SITUATIONS AND TECHNIQUE OF
THEIR APPLICATION**

New means of imitation of conditions of extreme situations a kind of signs on two kinds, information and warning are offered. According to each direction the technique of their use in dependence upon self-descriptiveness conditions on concrete object is developed

Sobol' A.N.

**MODELLING OF RATIONAL SPLITTING
OF CITY ON AREAS OF DEPARTURE OF
FIRE-SAVING DIVISIONS**

In work on areas of departure of fire-saving divisions with use of the arrival of division set a standard time modelling rational splitting of city is resulted in a place of extreme event

Tarasenko A.A., Abramov Yu.A.

**CRITERION OF OPTIMIZATION AT
LIQUIDATION EXTREME FOREST FIRE
SITUATIONS**

The criterion of the optimum script of liquidation of an extreme situation is offered. Components of the given criterion are considered

Tretyakov O.V.

**THE AUTOMATED LASER COMPLEX OF
THE OPERATIVE CONTROL OF
CONCENTRATION OF POLLUTING
SUBSTANCES AT THE LEVEL OF THE
SOURCE OF EMISSIONS IN THE
ATMOSPHERE**

Theoretical bases DRA and SCA methods of laser diagnostics are advanced and the automated laser complex of the operative precision, sensitive control of concentration of harmful and dangerous substances at a level of an output from an industrial source in an atmosphere is developed on their basis

*Чижов В.Ф., Макаренко В.Г.,
Подорожняк А.А., Рудаков С.В.*

**ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ
ИНТЕГРИРОВАННОЙ МАЛОГАБАРИТНОЙ
EMS/GPS/ГЛОНАСС НАВИГАЦИОННОЙ
СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ И УПРАВ-
ЛЕНИЯ ПОДВИЖНЫМИ СРЕДСТВАМИ
ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

Разработаны предложения по использованию штабом по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций интегрированной малогабаритной MEMS/GPS/ГЛОНАСС навигационной системы для контроля и управления подвижными средствами

Чуб И.А., Добротворский С.С.

**ИЕРАРХИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННОЙ
БЕЗОПАСНОСТЬЮ**

В работе предложена структурную схему и формализованное описание двухуровневой иерархической модели системы управления техногенной безопасностью

Шматко А.В., Неронов А.А.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ
R-ФУНКЦИЙ В ЗАДАЧЕ
ИДЕНТИФИКАЦИИ ИСТОЧНИКОВ
ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

В работе предложен метод идентификации источников загрязнения, базирующийся на использовании структурно-аналитического (СА) подхода для машинного построения правил классификации в классе R-функций с адаптирующейся к реальным условиям структурой. Приведен алгоритм применения СА-метода для идентификации источника загрязнения по анализам проб воды, отобранных ниже места сброса

*Chizhov V.F., Makarenko V.G.,
Podorozhnyak A.A., Rudakov S.V.*

**OFFERS ON USE INTEGRATED SMALL-
SIZED EMS/GPS/GLONASS NAVIGATING
SYSTEM FOR THE CONTROL AND
MANAGEMENT OF MOBILE MEANS AT
LIQUIDATION OF CONSEQUENCES OF
EXTREME SITUATIONS**

Offers on use by a staff on liquidation of consequences of extreme situations integrated small-sized MEMS/GPS/GLONASS navigating system for the control and management of mobile means are developed

Chub I.A., Dobrotvorski S.S.

**HIERARCHICAL MODEL OF CONTROL
SYSTEM MAN-CAUSED SAFETY**

In work it is offered the block diagram and the formalized description of two-level hierarchical model of a control system by man-caused safety

Shmatko A.V., Neronov A.A.

**USE OF THE THEORY OF R-FUNCTIONS
IN THE TASK OF IDENTIFICATION OF
SOURCES OF POLLUTION**

In work the method of identification of sources of the pollution, basing on use structural-analytical (SA) approach for machine construction of rules of classification in a class of R-functions with adaptable to real conditions structure is offered. The algorithm of application of the SA-method for identification of a source of pollution under analyses of tests of the water selected below of a place of dump is resulted

Наукове видання

ПРОБЛЕМИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Випуск 4

Відповідальний за випуск Ю.О. Абрамов

Технічні редактори Р.І. Шевченко, О.Ю. Кірючкін

Підписано до друку 27.10.2006
Ум.-друк. арк. 16,6

Вид. арк. 12
Формат паперу 60x84/16

Тир. 300

Зам. 523 – 2006

Ціна договірна

61023, Харків, вул. Чернишевського, 94
Електронна адреса: <http://arbu.edu.ua/rus/>
Типографія Університету цивільного захисту України