

## **ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ**

### **Голова:**

**АНДРОНОВ Володимир Анатолійович**, проректор з наукової роботи – начальник науково - дослідного центру Національного університету цивільного захисту України, заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор.

### **Заступник голови:**

**УДЯНСЬКИЙ Микола Миколайович**, начальник факультету цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України, кандидат технічних наук, доцент.

### **Члени комітету:**

**АРТЕМЄВ Сергій Робленович**, завідувач кафедри охорони праці та техногенно-екологічної безпеки факультету техногенно-екологічної безпеки Національного університету цивільного захисту України, кандидат технічних наук, доцент.

**ДАНІЛІН Олександр Миколайович**, начальник кафедри наглядово-профілактичної діяльності факультету цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України, кандидат технічних наук, доцент.

**ОТРОШ Юрій Анатолійович**, начальник кафедри пожежної профілактики в населених пунктах факультету пожежної безпеки Національного університету цивільного захисту України, доктор технічних наук, професор.

**СОБИНА Віталій Олександрович**, начальник кафедри організації та технічного забезпечення аварійно-рятувальних робіт факультету цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України, кандидат технічних наук, доцент.

**ТЮТЮНИК Вадим Володимирович**, начальник кафедри управління та організації діяльності у сфері цивільного захисту факультету цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України, доктор технічних наук, професор.

**ШЕВЧУК Олександр Русланович**, начальник кафедри піротехнічної та спеціальної підготовки факультету цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України, кандидат наук з державного управління.

### **Технічний секретар:**

**ГАРБУЗ Сергій Вікторович**, доцент наглядово-профілактичної діяльності факультету цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України, кандидат технічних наук.

Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, реагування та ліквідація їх наслідків. Матеріали круглого столу (вебінару). – Харків: Національний університет цивільного захисту України, 23 лютого 2023. – 251 с.

**Організаційний комітет (редакційна колегія) не несе відповідальності за зміст та стилістику матеріалів, представлених у збірнику.**

© Національний університет  
цивільного захисту України, 2023

<b>Олейник О.С., Отрош Ю.А., Петухова О.А.</b> Моделювання можливої зони задимлюваності в зруйнованому укритті	58
<b>Пирогов О.В., Васильєв А.А., Цибулько А.В.</b> Якісний збір та фіксація інформації про пожежу як запорука успішного її розслідування	60
<b>Полупан В.А., Рашкевич Н.В.</b> Особливості розповсюдження продуктів загоряння	62
<b>Рубан А.В.</b> Порядок ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки	64
<b>Рябінін І.М., Климчук Д.В.</b> Експертна класифікація вибухів за предметом дослідження	66
<b>Савченко О.В., Удянський М.М.</b> Напрями реформування і розвитку системи державного нагляду у сфері пожежної та техногенної безпеки України	68
<b>Савченко О.В., Удянський М.М., Медведєва Д.О.</b> Новели у законодавстві щодо підвищення відповідальності за самовільне випалювання рослинності	69
<b>Самойленко Д.О., Данілін О.М.</b> Актуальність вогнезахисту будівельних конструкцій	70
<b>Сахновська В.М.</b> Екологічна безпека та стійкі системи водовідведення під час НС в умовах воєнного стану	72
<b>Сидоренко В.Л., Пруський А.В., Єременко С.А., Демків А.М.</b> Аналіз чинників, що впливають на стійку роботу об'єктів критичної інфраструктури під час НС	74
<b>Сильченко Д.О., Данілін О.М.</b> Актуальність проектування громадських будівель та споруд з урахуванням потреб маломобільних груп населення	76
<b>Трегубов Д.Г., Слепужников Є. Д., Чиркіна М.А.</b> Дослідження конденсованих хімічних систем, схильних до самовільного виникнення горіння	78
<b>Усачов Д.В., Кононович В.Г.</b> Аналіз сучасних методів захисту об'єктів критичної інфраструктури під час воєнного стану	80
<b>Щолоков Е.Е.</b> Аналіз безпеки евакуації з висотних будівель	82
<b>Тематичний напрямок 2</b> <b>«РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ ТА ЛІКВІДАЦІЯ ЇХ НАСЛІДКІВ»</b>	
<b>Абрамов Ю.О., Собина В.О.</b> Вимоги до спеціальних споруд для підготовки пожежних – рятувальників до дій за призначенням	84
<b>Белюченко Д.Ю., Нанкова В.С.</b> Оцінка ефективності оперативних дій першим рятувальним підрозділом	86
<b>Грищенко Д.В., Виноградов С.А.</b> Щодо застосування модифікованих добавок у складі компресійної піни	88
<b>Демент М.О.</b> Евакуація потерпілого з висотного об'єкту із застосуванням спеціального оснащення	90
<b>Калиновський А.Я., Семків В.О.</b> Забезпечення оцінки технічного рівня протипожежної техніки нового покоління	92
<b>Кірсенко Д.І.</b> Європейський досвід організації системи цивільного захисту	94
<b>Kovalev Alexander</b> Modern methods of atmospheric composition control	96
<b>Коваленко Р.І.</b> Проблеми організації гасіння пожеж на територіях з наявною мінною небезпекою	98
<b>Ковальов П.А.</b> Характер можливих хімічних надзвичайних ситуацій	100
<b>Кривошей Б.І., Калиновський А.Я.</b> Дорожньо-транспортні пригоди як один із видів надзвичайних ситуацій техногенного характеру	102
<b>Кулаков О.В.</b> Забезпечення надійності електропостачання об'єктів в умовах блекауту	104
<b>Лінчевський Є.А., Куценко Л.М., Калиновський А.Я.</b> Актуальність розробки і досліджень способу розрахунку робочих поверхонь роторів і корпусів гвинтових насосів МУАНО	106

**ДОСЛІДЖЕННЯ КОНДЕНСОВАНИХ ХІМІЧНИХ СИСТЕМ, СХИЛЬНИХ ДО САМОВІЛЬНОГО ВИНИКНЕННЯ ГОРІННЯ**

*Трегубов Д.Г., к.т.н., НУЦЗ України  
Слепужніков Є.Д., к.т.н., НУЦЗ України  
Чиркіна М.А., к.т.н., доц., НУЦЗ України*

Сумісне перевезення деяких хімічних речовин, порушення нормативних вимог їх зберігання, виникнення аварійних ситуацій можуть призводити до самовільного виникнення горіння. Такий ефект використовують й навмисно для створення паливних сумішей. Їх використовують у ракетній техніці та при розробці рідинних металевих засобів. В залежності від необхідності наявності окисника та джерела запалювання, небезпеки самозагоряння для них застосовують поняття [1, 2]: 1) монопаливо або монергол; 2) біергол, діергол, пропергол або гіпергол.

Монопаливо на каталізаторі розкладається з вибухоподібним утворенням газу, який виконує певну роботу. Це можуть бути вибухонебезпечні сполуки, що мають кисень для свого окиснення, та нестійкі ендотермічні сполуки, що розкладаються з виділенням газів та енергії [1]. Більшість з таких речовин є токсичними, наприклад: нітрометан NM, н-пропілнітрат, етиленоксид, закис азоту, гідразин  $N_2H_4$  (з іридієвим каталізатором), дінітрати діетиленгліколю, триметиленгліколю, 1,3-пропандіолу, пропіленгліколю (паливо Отто). Менш токсичними, але схильними до розкладання за час зберігання, є нітрат гідроксиламонію (HAN,  $NH_3(NO_3)_2$ , AF-M315E) та Aurol (концентрований пероксид водню  $H_2O_2$  86%, каталізатор Pt та ін.). Серед рідких вибухових речовин (ефіри нітратної кислоти: нітрогліцерин, нітрогліколь, дінітрати діетиленгліколю, триетиленгліколю тощо; нітроалкани: тринітрометан, NM, тетранітрометан TNM, нітроетан та ін.) NM та чистий TNM менш чутливі. Нітрометан у США брали для моделювання ядерних вибухів (проект «pregondola»).

У системі «діергол» паливо та окисник реагують з утворенням гарячого газу. З них гіперголічні системи займаються самі, окисник зберігається в герметично в капсулі, яку для ініціювання реакції необхідно пошкодити; інші – потребують піротехнічного або електричного запалювання. Але більшість гіперголічних систем має корозійну активність, токсичність та канцерогенність. У системі паливом можуть виступати: спирти, вуглеводні, анілін, гідразин, диметилгідразин, рідкий водень, рідкий аміак. Типовими окисниками виступають: рідкий кисень, нітратна кислота  $HNO_3$ ,  $H_2O_2$ , чотириокис діазоту ( $N_2O_4$ , висока корозійна активність), рідкий фтор, трифтористий азот, TNM, трифтористий хлор.

Відомі наступні діерголічні системи: вуглеводень (анілін, гас, метанол + гідразин, гідразингідрат  $(NH_2)_2 \cdot H_2O$  тощо) + концентрований  $H_2O_2$  (іноді на каталізаторі); несиметричний диметилгідразин UDMH +  $N_2H_4$  50/50 %; NM + TNM; органічні речовини + TNM; монометилгідразин MMH + оксид нітрогену MON; пальне + закис азоту; панкластити містять  $N_2O_4$  (NTO) + сірковуглець  $H_2S$ , пентаборан, діборан,  $N_2H_4$ , монометилгідразин, нітробензол (30,2 %), бензол (18,2 %), толуол, бензин; хельгофіти (вибухові речовини Шпренгеля) з концентрованої  $HNO_3$  + дінітробензол, дінітрохлорбензол, аніліни, ксилідини, аміни; червона димляча  $HNO_3$  (RFNA) + скипидар, анілін, UDMH, тетраметилетилендіамін, фурфуриловий спирт або біла WFNA + фурфуриловий спирт; трифторид хлору ( $ClF_3$ ) + усі відомі палива (горить навіть бетон і гравій); рідкий кисень + гас.

Складні й багатокомпонентні системи: гас +  $HNO_3$  + фосфор + сірковуглець; суміш TG-02 – триетиламін + ксилідин 50/50 +  $HNO_3$  (або  $N_2O_4$ ); оксилквіти – насичені киснем рідинно-тверді пористі композиції (використовують відразу після просочування);

ізопропілнітрат + магній; склад C-Stoff – гідразингідрат + метанол + вода + концентрований  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  + нітрат амонію  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  50/50 %;

Гіперголічні системи здатні до самозапалювання. Окисниками при цьому є перманганат калію  $\text{KMnO}_4$ , хромовий ангідрид, селітри, хлорати, перхлорати, сірчана кислота  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ , рідкий, стиснутий кисень або повітря, хлор, вода,  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Відомі наступні гіперголічні системи: фосфор +  $\text{H}_2\text{S}$ ; триетилалюміній + триетилборан + рідкий кисень; лужні метали, їх гідриди, карбіди + вода; стиснутий кисень + масло; скипидар або діетиловий ефір на пористій речовині (бумага, вата) + хлор; чотирихлористий етан  $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_4$  (та  $\text{CBr}_4$ ,  $\text{CCl}_4$  за  $t = 70^\circ\text{C}$ ; усі сполуки токсичні) + калій; пероксид натрію  $\text{Na}_2\text{O}_2$  + порошок алюмінію або тирса, вугілля, сірка + крапля води;  $\text{Na}_2\text{O}_2$  + спирти або діетиловий ефір, анілін, скипидар, оцтова кислота; селітри, хлорати, перхлорати +  $\text{H}_2\text{SO}_4$  або  $\text{HNO}_3$ ; UDMH +  $\text{N}_2\text{O}_4$ ; хромовий ангідрид + спирти або альдегіди, прості та складні ефіри, метилдіоксан, оцтова, пеларгонова, нітрилакрилова кислоти, ацетон; гліцерин  $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$  або етиленгліколь +  $\text{KMnO}_4$ ; скипидар або етиловий спирт + концентрована  $\text{HNO}_3$ .

Досліджено деякі стехіометричні суміші з наведених систем на можливість найлегшого загоряння за аварійного змішування: натрій + вода, гліцерин +  $\text{KMnO}_4$ , карбід кальцію  $\text{CaC}_2$  + вода. Досліди проводили на 1 г. головної речовини. Натрій потребує 0,78 г. води, технічний  $\text{CaC}_2$  – 0,5 г. води, гліцерин – 4,84 г.  $\text{KMnO}_4$ .

Натрій реагує швидко, тому вода у стехіометричній концентрації не встигає втрачатися з зони реакції, а тепло накопичується. У ході реакції утворюється газ – водень (0,5 л), він має малу теплоємність, тому швидко нагрівається і не зважаючи на велику температуру самоспалахування ( $571^\circ\text{C}$ ) швидко загоряється. Для цього витрачається 0,25 л кисню, тобто 1,2 л повітря. При цьому утворюється 1,44 л продуктів горіння ( $\text{H}_2\text{O}$  у суміші з азотом повітря). Цей об'єм збільшується пропорційно коефіцієнту зростання температури до температури полум'я. Температура конденсованої зони реакції у досліді досягла  $1500^\circ\text{C}$ .

Гліцерин реагує швидко з запалюванням, має велику температуру кипіння тому повільно втрачається з зони реакції шляхом випаровування. Порошкоподібний стан  $\text{KMnO}_4$  сприяє швидкому протіканню реакції та є тимчасовим середовищем накопичення тепла. При цьому утворюється 1,35 л суміші  $\text{CO}_2$  та  $\text{H}_2\text{O}$  у газоподібному стані без врахування нагріву у зоні реакції.

$\text{CaC}_2$  у досліді за стехіометричної кількості води не дав самозапалювання. Тим не менш, ця система здатна його ініціювати і розрахунки це підтверджують [1]. Негативний ефект досліду можна пояснити тим, що одиничний кусок  $\text{CaC}_2$  реагував лише по зовнішній поверхні, а тому не інтенсивно. При цьому вода встигала випаровуватись та флегматизувати ацетилено-повітряну суміш та для завершення реакції її вже не вистачало. Крім того, за тривалий час реакції ацетилен встигав розсіюватися і біля нагрітої зони реакції не утворювалися вибухонебезпечні концентрації. Тоді самозапалювання все ж таки могло статися за дрібнодисперсного  $\text{CaC}_2$ , що прискорило б усі процеси та зменшило втрати.

У подальших дослідженнях для врахування втрат буде проведено оптимізацію кількості рідкого реагенту за параметром «максимальна температура зони реакції».

## ЛІТЕРАТУРА

1. Трофімов І., Бойченко С., Ландар І. Огляд сучасного стану і перспектив використання ракетних палив. *Наукоємні технології*, 2020. № 4 (48). С. 521–533.
2. Meyer R., Köhler J., Homberg A. *Explosives*. Weinheim: VCH, 2016. 442 p.
3. Тарахно О. В. та ін. Основні положення процесу горіння. Харків: НУЦЗУ, 2020. 408 с. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/11382>.