

## **МАТЕРІАЛИ**

### **Круглого столу**

**«Об'єднання теорії та практики – запорука  
підвищення готовності оперативно-рятувальних  
підрозділів до виконання дій за призначенням»**

**Харків 2019**

*Об'єднання теорії та практики – запорука підвищення готовності оперативно-рятувальних підрозділів до виконання дій за призначенням. – Харків: НУЦЗУ, 2019. – 155 с. Українською та російською мовами.*

Включено матеріали, які доповідались на круглому столі на базі Національного університету цивільного захисту України.

Розглядаються аспекти вдосконалення діяльності оперативно-рятувальних підрозділів..

Матеріали розраховані на інженерно-технічних працівників Державної служби України з надзвичайних ситуацій, науково-педагогічний склад та здобувачів вищої освіти навчальних закладів України та інших країн світу.

## ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

### Голова:

**АНДРОНОВ**

**Володимир Анатолійович**

проректор з наукової роботи Національного університету цивільного захисту України, полковник служби цивільного захисту, Заслужений діяч науки та техніки України, доктор технічних наук, професор

### Заступник голови:

**ОЛІЙНИКОВ**

**Олексій Анатолійович**

начальник факультету оперативно-рятувальних сил Національного університету цивільного захисту України, кандидат психологічних наук, старший науковий співробітник

### Члени оргкомітету:

**КОВАЛЬОВ**

**Павло Анатолійович**

начальник кафедри пожежної та рятувальної підготовки Національного університету цивільного захисту України, кандидат технічних наук, доцент

**ЛІСНЯК Андрій**

**Анатолійович**

начальник кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт Національного університету цивільного захисту України, кандидат технічних наук, доцент

**КАЛИНОВСЬКИЙ**

**Андрій Якович**

начальник кафедри інженерної та аварійно-рятувальної техніки Національного університету цивільного захисту України, кандидат технічних наук, доцент

**ТАРАХНО**

**Олена Віталіївна**

начальник кафедри спеціальної хімії та хімічних технологій Національного університету цивільного захисту України, кандидат технічних наук, доцент

**БОРОДИЧ**

**Павло Юрійович**

доцент кафедри пожежної та рятувальної підготовки Національного університету цивільного захисту України, кандидат технічних наук, доцент

<b>Стрілець В.М., Стецюк Є.І.</b>	
Моделювання вибухів руйнування цегляних споруд .....	108
<b>Тітенко О.М., Шахов С.М.</b>	
Математична модель процесу генерації компресійної піни .....	110
<b>Толкунов І.О., Метьюлкін О.О.</b>	
Підвищення ефективності робіт з розмінування місцевості шляхом використання сучасних безпілотних літальних апаратів .....	111
<b>Трегубов Д.Г., Кірєєв О.О.</b>	
Можливість гасіння полярних рідин зернистим піносклом .....	113
<b>Трегубов Д.Г., Кірєєв О.О., Дадашов І.Ф.</b>	
Гасіння пожеж класу в змоченим зернистим піносклом .....	115
<b>Тютюник В.В., Калугін В.Д., Агазаде Х.</b>	<b>117</b>
Развитие научных основ создания автоматизированной системы мониторинга чрезвычайных ситуаций тектонического происхождения .....	117
<b>Тютюник В.В., Калугін В.Д., Захарченко Ю.В.</b>	<b>119</b>
Особливості практичної реалізації геоінформаційної системи оперативного моніторингу локальних надзвичайних ситуацій за допомогою безпілотних літальних апаратів .....	119
<b>Тютюник В.В., Калугін В.Д., Пискалова О.О.</b>	
Особливості створення у єдиній державній системі цивільного захисту інформаційно-аналітичної підсистеми управління процесами попередження й локалізації наслідків надзвичайних ситуацій .....	122
<b>Черкашин О.В., Семенов Д.Ю.</b>	
Механізм запобігання виникненню надзвичайних ситуацій на підконтрольних об'єктах суб'єктів господарювання .....	125
<b>Черкашин О.В., Філобок Д.С.</b>	
Механізм удосконалення пожежно-профілактичної роботи з попередження виникнення надзвичайних ситуацій .....	126
<b>Чернуха А.А., Журавльова О.С.</b>	
Випробування масок дихальних апаратів на герметичність .....	127
<b>Чернуха А.А., Фільчук О.М.</b>	
Підготовка газодимозахисників за допомогою тренажера «Лабіринт» .....	128
<b>Чуб І.А., Мележик Р.С.</b>	
Імітаційне моделювання міської інженерної інфраструктури як джерела техногенної надзвичайної ситуації в мегаполісі .....	129
<b>Чуб І.А., Михайловська Ю.В.</b>	
Розміщення геометричних об'єктів зі змінними метричними характеристиками .....	132
<b>Шевченко С.М., Борзенков Д.А.</b>	
Розрахунок геометричної форми профілю відбивача пожежного сповіщувача диму .....	134
<b>Шевченко С.М., Карнов А.А.</b>	
Особливості гасіння лісових пожеж .....	136
Забезпечення необхідного рівня пожежної безпеки будівель заввишки 100 м і більше .....	138
<b>Щербак С.М., Токар І.О.</b>	
Використання внутрішнього водопроводу при гасінні пожежі в житлових будівлях .....	140
<b>Яценко О.А., Ляшевська О.І.</b>	
Застосування та реалізація функцій координації та регулювання в процесі управління забезпеченням належного рівня пожежної безпеки території Харківської області .....	141

О.М. Тітенко, к.т.н, УкрНДІЦЗ,  
С.М. Шахов, ад'юнкт адюнктури, НУЦЗУ

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ГЕНЕРАЦІЇ КОМПРЕСІЙНОЇ ПІНИ

На даний час в США, Європі та інших провідних країнах поширені системи подачі компресійної піни. Особливість даних установок, на відміну від повітряно-механічних систем, полягають в можливості генерації піни за рахунок одночасної подачі в спеціальну камеру змішування повітря під тиском і водяного розчину піноутворювача, а не генерації розчину за допомогою ежектуючого повітря. Для проектування експериментальної конструкції системи для подачі компресійної піни було проведено моделювання блоку подачі газу, блоку подачі суміші води та піноутворювача, блоку піногенеруючої вставки, блоку вихідного сопла. За допомогою цих блоків здійснюється загальна задача моделювання процесу утворення піни для подальших розрахунків геометричних параметрів установки в залежності від кратності піни.

Потік газу через сопло, буде обчислюватися за формулою:

$$G_a = \frac{\pi \cdot d_{air}^2 \cdot m_{const} \cdot p_{comp} \cdot \left(\frac{k+1}{2}\right)^{\frac{1}{k-1}} \cdot \lambda \cdot \left(1 - \frac{k-1}{k+1} \cdot \lambda^2\right)^{\frac{1}{k-1}}}{4 \cdot \sqrt{T}}, \text{ кг/с,}$$

Потік суміші води з піноутворювачем можна обчислити за формулою:

$$G_w = \frac{\pi}{4} \cdot v_w \cdot \rho_w \cdot d_w^2, \text{ кг/с}$$

Блок піногенеруючої вставки, розраховувався за наступною формулою:

$$G_{por} = \left( \frac{1}{H} \cdot 0.113 \cdot d_{ch}^{\frac{1}{4}} \cdot D_{gr}^{\frac{1}{2}} \cdot \varepsilon^{\frac{1}{4}} \cdot \left( \rho_{air\_NC} + \frac{\rho_w}{k_m - 1} \right) \times \right)^{\frac{4}{7}} \times \int_{p_{ex}}^{p_{mix}} \frac{1}{\frac{p_a}{p} + \frac{1}{k_m - 1}} \cdot \left( \frac{1 + k_m \cdot \left(\frac{p_a}{p}\right)}{\mu_a \cdot k_m \cdot \left(\frac{p_a}{p}\right) + \mu_w} \right)^{\frac{1}{4}} \cdot dp, \text{ кг/с,}$$

Величина потоку газо-рідинної суміші через отвір вихідного сопла:

$$G_{jet} = \left( \frac{\left( -k \cdot p_a^{\frac{1}{k}} \cdot (k_m - 1) \cdot p_{ex}^{\frac{k-1}{k}} + (k_m \cdot p_a - p_{ex}) \cdot k + p_{ex} - p_a \right)}{(k-1) \cdot \left( k_m^2 \cdot F_{ex}^2 - \left( F_{atm} \cdot (k_m - 1) \cdot \left(\frac{p_a}{p_{ex}}\right)^{\frac{1}{k}} + F_{atm} \right)^2 \right)} \times \right)^{\frac{1}{2}} \times \left( \rho_{air\_NC} \cdot k_m + \rho_w - \rho_{air\_NC} \right) \cdot F_{ex} \cdot F_{atm}, \text{ кг/с,}$$

Підсумкова формула, за якою обчислюється кратність піни:

$$k_m = \frac{V_f}{V_w + V_c}$$

За допомогою математичного моделювання процесу утворення компресійної піни стає можливим проектування геометричних параметрів установок в залежності від кратності піни, яку необхідно отримати.

**УДК 623.674:629.7:614.83**

*І.О. Толкунов, к.т.н., доцент, нач. каф., НУЦЗУ,  
О.О. Метьолкін, здоб. вищ. осв., НУЦЗУ*

### **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБІТ З РОЗМІНУВАННЯ МІСЦЕВОСТІ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

На теперішній час в світі утворилася дуже складна і багатогранна мінна проблема. За оцінками ООН, загальна кількість мінних пристроїв, які до сих пір поховані під землею в 60 країнах світу, може досягати 110 мільйонів. В 2015 році у всьому світі від мін та саморобних вибухових пристроїв (СВП) загинуло та стали інвалідами близько 20000 чоловік. З відкритих джерел з'ясовано, що 79% вбитих чи поранених від мін та СВП це цивільні люди, третина з яких діти, 18% це військові та 3% сапери. Вважається, що найбільша кількість мін та СВП – у Афганістані, Камбоджі, Лаосі, Боснії, Анголі, М'янмі, Лівії та Сирії. Нажаль до цих країн у зв'язку з веденням бойових дій на Донбасі додалась і Україна. Так, за даними Landmine Monitor, у 2016 році Україна опинилась на п'ятому місці у світі за кількістю жертв від мін та СВП [1] та на першому по даним Женевського центру гуманітарного розмінування (GICHD) по підриву на протivotранспортних мінах. За даними Міністерства оборони України, з початком бойових дій на територіях Донецької та Луганської областей в наслідок підриву на мінах та СВП постраждали 2600 чоловік, з них біля 500 чоловік загинули. За попередніми підрахунками фахівців, територія, яку слід очистити від мін, становить близько 700 тисяч гектарів, що за оцінками спеціалістів потребує від 15 до 20 років розмінування та приблизно біля 1 мільярда доларів. З початку бойових дій на Донбасі підрозділами МВС, ЗСУ, МНС було знешкоджено біля 373 тисяч вибухонебезпечних предметів. На даний час на Донбасі працюють біля 300 саперів.

На даний час в світі починає оберти направлення, щодо розмінування мінних полів за допомогою безпілотних літальних апаратів (дронів, роботів) (рис. 1) [2].

Подібні засоби можуть працювати в 20 разів швидше, ніж сучасні саперні апарати. До того ж, основний акцент робиться на дешевизні: в середньому знешкодження однієї міни коштує від \$300 до \$1000, в той час як сам по собі дрон обійдеться в \$1000-2000 і зможе повністю розмінувати кілька мінних полів. Системи сучасних дронів, що використовуються для розмінування місцевості, можуть виконувати ряд важливих завдань, де на сьогоднішній день, в основному, використовується ручний труд сапера. Для сканування місцевості вони оснащуються 3D-камерою, GPS-навігатором і комп'ютером, що обробляє карту місцевості і перетворює її в координатну сітку. Детектор оснащений розсувним металошукачем, здатним засікати метал в землі на відстані 5-7 см над землею, а також створювати геотеги мінних полів. Для дистанційного знищення СВП можуть використовуватися невеликі заряди вибухової речовини з дистанційним підривником, які дрон розміщує в районі кож-