



# Problems of Emergency Situations

[pesconf.nuczu.edu.ua](http://pesconf.nuczu.edu.ua)

ПРОБЛЕМИ  
НАДЗВИЧАЙНИХ  
СИТУАЦІЙ

Civil Security

Цивільна безпека

## International Scientific Applied Conference "PROBLEMS OF EMERGENCY SITUATIONS"

Chemical Technology and Engineering

Хімічна технологія та інженерія

Physics and Materials Science

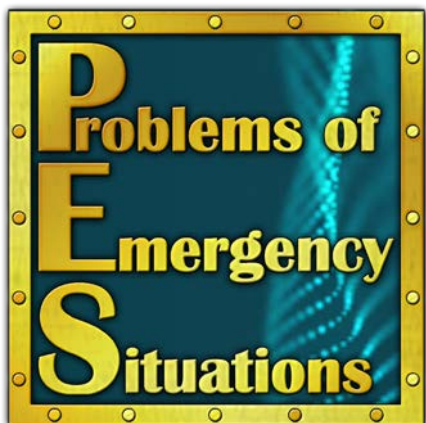
Фізика та матеріалознавство

Applied Geometry, Engineering Graphics and Information Technology

Прикладна геометрія, інженерна графіка та інформаційні технології

19 may 2022  
Kharkiv





Міжнародна  
науково-практична конференція

Проблеми  
надзвичайних  
ситуацій

**МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ**

Харків  
19 травня 2022 року

**САДКОВИЙ Володимир**, доктор наук з державного управління, професор, ректор Національного університету цивільного захисту України (Україна);

**АНДРОНОВ Володимир**, доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, Національний університет цивільного захисту України (Україна);

**ANSZCZAK Marcin**, EngD, Main School of Fire Service in Warsaw (Poland);

**БАНАХ Віктор**, доктор технічних наук, професор, Запорізький національний університет (Україна);

**БАМБУРА Андрій**, доктор технічних наук, професор, ДП «Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (Україна);

**ВАСЮКОВ Сергій**, PhD, Національний інститут ядерної фізики, Рим (Італія);

**ГОЛІНЬКО Василь**, доктор технічних наук, професор, НТУ «Дніпровська політехніка» (Україна);

**ГОЛОДНОВ Олександр**, доктор технічних наук, професор, ТОВ «Стальпроектконструкція ім. В.М. Шимановського» (Україна);

**ДАДАШОВ Ільгар**, доктор технічних наук, Академія Міністерства надзвичайних ситуацій Азербайджанської Республіки, Баку (Азербайджан);

**ДАНЧЕНКО Юлія**, доктор технічних наук, професор, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності (Україна);

**ЛАПЕНКО Олександр**, доктор технічних наук, професор, навчально-науковий інститут аеропортів Національного авіаційного університету (Україна);

**МАМОНТОВ Ігор**, PhD, заслужений юрист України, Київський національний університет будівництва та архітектури (Україна);

**ОТРОШ Юрій**, доктор технічних наук, професор, Національний університет цивільного захисту України (Україна);

**ПЕТРУК Василь**, доктор технічних наук, професор, Інститут екологічної безпеки та моніторингу довкілля (Україна);

**РИБКА Євгеній**, доктор технічних наук, старший дослідник, Національний університет цивільного захисту України (Україна);

**РОМІН Андрій**, доктор наук з державного управління, професор, Національний університет цивільного захисту України (Україна);

**СУР'ЯНІНОВ Микола**, доктор технічних наук, професор, Одеська державна академія будівництва та архітектури (Україна);

**ФАТІГ Махмет Ємен**, доктор технічних наук, Університет Мехмета Акіфа Ерсоя, Бурдур (Туреччина);

**ФОМІН Станіслав**, доктор технічних наук, професор, Харківський національний університет будівництва та архітектури (Україна);

**ШМУКЛЕР Валерій**, доктор технічних наук, професор, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова (Україна);

**ВАСИЛЬЧЕНКО Олексій**, PhD, доцент, Національний університет цивільного захисту України (Україна).

**МИХАЙЛОВСЬКА Юлія**, PhD, Національний університет цивільного захисту України (Україна).

*Відповідальний секретар:*

**РАШКЕВИЧ Ніна**, PhD, Національний університет цивільного захисту України (Україна).

**Problems of Emergency Situations:** Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2022. 276 с.

У збірнику включено матеріали міжнародної науково-практичної конференції «**Problems of Emergency Situations**», яка відбулася на базі Національного університету цивільного захисту України, за такими тематичними напрямками: запобігання надзвичайним ситуаціям; науково-практичні аспекти моніторингу та управління у сфері цивільного захисту; реагування на надзвичайні ситуації та ліквідація їх наслідків; хімічні технології та інженерія, радіаційний та хімічний захист; екологічна безпека та охорона праці.

*Рекомендовано до друку вченою радою факультету пожежної безпеки  
(протокол № 9 від 18 квітня 2022 року).*



### **Шановні колеги!**

Маю за честь вітати всіх учасників щорічної Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations».

Вперше в історії Державної служби України з надзвичайних ситуацій, починаючи з 2020 року, Національним університетом цивільного захисту України започаткована конференція з можливістю опублікування статей в науковому журналі «Materials Science Forum», індексованому наукометричною базою Scopus. В рамках успішного проведення попередніх конференцій опубліковано понад 100 наукових статей Scopus.

На сьогоднішній день в університеті сформувався потужний науковий потенціал, а саме, 50 докторів наук, 200 кандидатів наук, 30 професорів, 180 доцентів та старших дослідників. За даними міжнародної наукометричної бази Scopus до профілю університету входить понад 500 статей, h-індекс – 22. Це забезпечує можливість успішного розгляду та рецензування наукових робіт поданих для опублікування в рамках проведення конференції.

Приємно відзначити участь у конференції широкого кола науковців як з України, так і закордонних наукових та освітніх закладів. До участі в конференції доєдналися вчені з 11 країн світу – Ізраїлю, Італії, Польщі, Туреччини, Німеччини, Швеції, Литви, Естонії, Азербайджанської Республіки, Чехії та Словаччини.


Забезпечення інноваційних напрямків розвитку системи цивільної безпеки, передові ідеї вчених, активне використання сучасних технологій з урахуванням можливостей міжнародного співробітництва сприятимуть досягненню загального результату.

Впевнений, що отримані наукові результати, об'єднані в збірнику конференції, будуть корисними для всіх учасників та знайдуть своє впровадження в практичній діяльності і в подальшій науково-дослідницькій роботі.

Бажаю всім учасникам невичерпної енергії на шляху нових наукових звершень, придбання партнерських і дружніх контактів, результативних рішень, творчої наснаги та успіхів у професійній діяльності!

**«...Нашим головним завдання була і залишається якісна підготовка фахівців!...»**

Ректор Національного університету  
цивільного захисту України

 Володимир САДКОВИЙ



## СЕКЦІЯ 1

# ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ

УДК 614.841.332

## КОМПЛЕКСНЕ ЗНИЩЕННЯ БОЄПРИПАСІВ КОМБІНОВАНИМ ПІДРИВОМ

*Андронов В.А., д.т.н., професор,*

*Толкунов І.О., к.т.н., доцент,*

*Попов І.І., к.т.н., доцент*

*Національний університет цивільного захисту України*

На теперішній час на складах та арсеналах знаходиться величезна кількість боєприпасів, які вичерпали граничні терміни їх зберігання, становлять велику небезпеку і потребують ліквідації в найкоротші терміни. Для знищення звичайних боєприпасів використовується багато різних способів, вибір яких залежить, в значній мірі, від кількості боєприпасів, що підлягають знищенню, та придатних до конкретних умов технологічних рішень. При цьому технологія, що застосовується, повинна бути економічною, адаптованою для знищення більшості видів боєприпасів, вимагати мінімальних витрат енергії для незворотного руйнування боєприпасів та їх вибухових речовин (ВР). Знищення боєприпасів їх прямим підривом та спалюванням (випалюванням ВР) залишаються, як і раніше, широко розповсюдженою практикою при масштабній утилізації звичайних боєприпасів, що підлягають ліквідації. У той же час спосіб спалювання є малопродуктивним, енергоємним та потребує спеціальних заходів захисту внаслідок можливості ініціювання теплового вибуху зарядів боєприпасів, що знищуються. Перевагами способу знищення боєприпасів підривом є здатність ефективно знищувати великі партії боєприпасів без залучення спеціального обладнання та відносна, у порівнянні із спалюванням, екологічність. У той же час недоліками зазначених способів є їх обмежена продуктивність, значна питома вага витрат ВР в тротиловому еквіваленті для підривних зарядів, складність організації та проведення технологічних операцій, відсутність можливості одночасного знищення різних видів боєприпасів [1].

Метою роботи є підвищення ефективності процесу знищення боєприпасів підривом шляхом збільшення продуктивності та зниження вартості вибухових робіт при ліквідації звичайних боєприпасів за рахунок можливості одночасного знищення різних видів боєприпасів та використання ВР боєприпасів, що знищуються, для зменшення кількості додаткових накладних підривних зарядів.

Запропонований спосіб комплексного знищення боєприпасів комбінованим підривом, що полягає в укладанні призначених для знищення боєприпасів у закладку, розміщенні її в підривній ямі на підривному майданчику, встановленні поверх закладки додаткових накладних підривних зарядів та їх підриві. При цьому закладка складається з різних видів боєприпасів, одні з яких визначаються як пасивні, а інші використовуються як активні боєприпаси, що розміщуються у закладці поверх пасивних боєприпасів і вибухають першими, а їх бойові заряди застосовуються для одночасного знищення усіх боєприпасів у закладці як основна маса вибухової речовини в умовах її ініціювання вибухом додаткових накладних підривних зарядів, кількість яких для цього розраховується як різниця між нормованою масою вибухової речовини для їх виготовлення та масою вибухової речовини активних боєприпасів, які знищуються [2].



Для реалізації способу необхідно проаналізувати вид і кількість боєприпасів, що підлягають знищенню, та принцип їх дії. За результатами аналізу, в разі потреби, визначити компенсаційні заходи щодо зміни принципу дії боєприпасів з існуючого до детонації (простого вибуху). Визначитися з видом боєприпасів, ВР яких буде використана в якості основної вибухової речовини для здійснення комбінованого підриву (активний вид боєприпасів, що вибухають першими), та видами боєприпасів, які будуть пасивними. У відповідності до діючих норм [3] провести розрахунок кількості ВР додаткового накладного підривного заряду, необхідної для одиночного підриву кожного з призначених для знищення боєприпасів, та провести розрахунок кількості боєприпасів, що визначені як пасивні і які можуть бути знищені масою ВР одного активного боєприпасу. Необхідна для повного знищення усіх відібраних боєприпасів кількість ВР додаткових накладних підривних зарядів визначиться як різниця між масою вибухової речовини, яка визначена у відповідності до встановлених норм, та масою вибухової речовини активних боєприпасів, що призначені для знищення. Вибух додаткових накладних підривних зарядів ініціює ВР активних боєприпасів, відповідна детонація яких утворює ударну хвилю, яка, в свою чергу, викликає детонацію боєприпасів пасивних видів. Кінцевим результатом цих процесів є одночасне комплексне знищення (руйнування) боєприпасів усіх видів в закладці комбінованим підривом із залученням мінімальної кількості вибухової речовини у тротиловому еквіваленті для додаткових накладних підривних зарядів за рахунок ефективного використання маси ВР бойових зарядів активних боєприпасів, що знищуються.

Реалізація запропонованого технічного рішення дозволяє знизити вартість вибухових робіт за рахунок зменшення кількості ВР у тротиловому еквіваленті для виготовлення додаткових накладних підривних зарядів, а можливість одночасного знищення різних видів боєприпасів дозволяє підвищити продуктивність та скоротити вартість і встановлені терміни проведення робіт з ліквідації боєприпасів, які підлягають першочерговому знищенню.

Техніко-економічна ефективність запропонованого способу комплексного знищення боєприпасів комбінованим підривом підтверджена практикою його ефективного застосування в процесі міжнародного співробітництва з питань ліквідації звичайних видів боєприпасів в Україні [4].

## ЛІТЕРАТУРА

1. Барбашин В.В., Смирнов О.М., Толкунов І.О. Утилізація та знищення вибухонебезпечних предметів: навч. посіб. Том 3. Організація утилізації та знищення ракет і боєприпасів на арсеналах, базах та складах. Харків, НУЦЗУ, КП «Міська друкарня», 2019. С.197–232.
2. Патент на корисну модель UA №141181 Україна, МПК F42D 5/04 (2006.01). Спосіб комплексного знищення боєприпасів комбінованим підривом. В.А. Андронов, І.О. Толкунов, Д.В. Бондар, О.О. Царук, І.І. Попов. Заявник та патентовласник Харківський Національний університет цивільного захисту України. Заявка № u 2019 09254, заявл. 12.08.2019, опубл. 25.03.2020, Бюл. №6. Київ. 2020. 10 с.
3. Наказ МНС України від 20.09.2010 року №791 «Про затвердження Інструкції з організації та проведення робіт з розмінування місцевості на території України підрозділами та спеціалізованими підприємствами МНС».
4. Закон України №4338-VI від 13.01.2012 року «Про ратифікацію Імплементативної угоди між Кабінетом Міністрів України та Організацією НАТО з матеріально-технічного забезпечення і обслуговування про утилізацію стрілецької зброї й легких озброєнь, звичайних боєприпасів і протипіхотних мін типу ПФМ-1».



## КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ВИСХІДНОГО ТЕПЛООВОГО ПОТОКУ НА ПОШИРЕННЯ ПОЖЕЖІ ПО ФАСАДНИМ СИСТЕМАМ

*Балло Я.В., к.т.н.,  
Сізіков О.О., к.т.н., с.н.с.,  
Ніжник В.В., д.т.н., с.н.с.,  
Жихарєв О.П.*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Визначення ефективності обмеження поширення пожежі по зовнішнім огорожувальним конструкціям будівлі та обґрунтування безпечності застосування матеріалів фасадних систем, що можуть піддаватися впливам тепла і полум'я від пожежі в приміщенні є актуальним питанням дослідження пожежної безпеки будівель та споруд різного функціонального призначення.

Аналіз найбільш поширених методів оцінювання пожежної безпеки фасадних систем представлених у [1, 2] показав, що основними критеріями забезпечення обмеження поширення пожежі між поверхами будівель є не перевищення максимального значення теплового потоку у  $80 \text{ кВт/м}^2$  посередині вікна на поверсі, який розташований над поверхом пожежі, а також відсутність поширення у продовж 15 хвилин відкритого полум'я над другим поверхом, який розташований над поверхом пожежі.

В 2012 році вперше створено числову модель тестової установки згідно з вимогами ISO 13785-2 для тестування фасадних систем будівель та для моделювання теплового середовища на фасаді [3]. Модель, створена за допомогою програмного забезпечення Fire Dynamics Simulator, була вперше верифікована за допомогою експериментальних даних. На основі отриманих даних було доведено вплив геометричних та конструктивних параметрів фасаду на обмеження поширенні пожежі. Зокрема отримано залежності впливу розміру віконного прорізу приміщення на розподіл теплового потоку від пожежі над віконним прорізком. Окрім цього, модель була використана для оцінки товщини негорючого ізоляційного шару, необхідної для захисту горючих матеріалів від плавлення або розкладання, що було також апробовано в роботі [4].

Разом із тим, однією із основних причин поширення пожежі не тільки по вертикальним зовнішнім огорожувальним конструкціям але і в середину приміщення є руйнування конструкцій заповнення світлових прорізів, а саме вікон. На сьогоднішній день, як правило, світлові прорізи заповнюються металопластиковими вікнами, що є ефективною енергозберігаючою конструкцією легкою в монтуванні та простою під час експлуатації. Разом із тим, аналіз конструкції та типів матеріалів металопластикових вікон [5] показав, що до складу вікон входять наступні горючі матеріали, які створюють передумови для поширення пожежі в середину приміщень через їх руйнування: пластмаса (полівінілхлорид), гума, алюміній, дерево, склопластик, герметик, а також комбіновані матеріали, які включають перелічені. Слід відмітити, що найнижча температура самозаймання у герметика, який є полімерною композицією, яка спучується при температурі від  $150 \text{ }^\circ\text{C}$  та займається при температурі  $210\text{--}230 \text{ }^\circ\text{C}$ . Також пожежонебезпечним є пластиковий ущільнювач-замок склопакетів, який не має металевого каркасу та легко деформується під впливом температури починаючи від  $250 \text{ }^\circ\text{C}$  [5].

Руйнування ущільнювача-замку склопакетів у порівнянні з іншими матеріалами конструкцій металопластикових вікон є більш небезпечним, через те що його деформація чи його руйнування негативно впливає на кріплення склопакетного блоку. Аналіз фасадних пожеж показав, що поширення полум'я в середину приміщень при фасадних пожежах часто відбувався через руйнування ущільнювачів-замків та як наслідок руйну-



вання та падіння склопакетних блоків під власною вагою. Слід відмітити, що вага 1 м<sup>2</sup> двох-камерного склопакету складає близько 30 кг, таким чином цілісність вищеописаних елементів кріплення є важливим критерієм. На рисунку 1 наведено фото прикладу пожежі, яка супроводжувалася руйнуванням віконних склопакетів та як наслідок спричинило поширення пожежі в середину приміщення, а також приведено основні складові конструкції віконного склопакету.



**Рис. 1.** Фото фасадної пожежі, що супроводжувалася руйнуванням вікна та основні елементи склопакетів: 1 – металопластиковая рама (профіль); 2 – гумовий ущільнювач; 3 – склопакет; 4 – ущільнювач-замок; 5 – зовнішня рама стулки.

Таким чином, під час визначення ефективності обмеження поширення пожежі по зовнішнім огорожувальним конструкціям будівлі та обґрунтування безпечності застосування матеріалів фасадних систем на основі аналізу методик [1, 2] пропонується застосовувати додатковий критерій: не перевищення максимального значення температури в 230 °С на рівні нижнього краю вікна першого поверху над поверхом пожежі фрагменту фасадної системи у продовж всієї тривалості випробувань.

Зазначений критерій дозволить наблизити умови випробування до реальних, а також забезпечити більш якісний підхід до оцінювання ефективності обмеження поширення пожеж у будівлях та спорудах з різними типами фасадних систем, в тому числі із застосуванням вогнеперешкоджувачів різного конструктивного виконання.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Association N. F. P. Standard Method of Test of Surface Burning Characteristics of Building Materials (255). Natl Fire Protection Assn, 1984.
2. BS 8414-1 Fire Safety Tests for External Cladding Systems Using Insulating Materials of Different Fire Ratings. *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*. 2018. Vol. 18, № 2. P. 185–191.
3. J. Anderson et al. Modeling of fire exposure in facade fire testing. *Fire and Materials*. 2017. Vol. 42, № 5. P. 475–483.
4. Yakovchuk R., Ballo Y., Kuzyk A., Kagitin O., & Kovalchuk V. FDS modeling of the fire-preventing eaves effectiveness to prevent the fire spreading on facade of high-rise buildings. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2021. 23. P. 39–45.
5. Температура плавления и размягчения пластиков, температура эксплуатации пластмасс. Теплопроводность строительных материалов, их плотность и теплоемкость. 2019. URL: <http://thermalinfo.ru/svoystva-materialov/plastmassa-i-plastik/temperatura-plavleniya-i-razmyagcheniya-plastikov-temperatura-ekspluatatsii-plastmass>.



## ПИТАННЯ ОПОРУ ПРОГРЕСУЮЧОМУ РУЙНУВАННЮ НЕСУЧИХ СИСТЕМ У ПК ЛІРА-САПР

*Барабаш М.С., д.т.н., професор  
ТОВ «ЛІРА САПР», Національний авіаційний університет*

Концепція, реалізована в програмному комплексі ЛІРА-САПР, спрямована на автоматизацію розрахунку на прогресуюче руйнування у квазістатичній та динамічній постановках, що включають лінійний та нелінійний розрахунок з урахуванням коефіцієнта динамічності.

Метою розрахунку є проектування споруд різного призначення, які крім безаварійного виконання функцій протягом заданого терміну експлуатації, у разі аварії через природні та техногенні явища (військових дій, вибухів, ударів землетрусу, повені, пожежі, дефектів у технології виробництва), а також інших причин, не передбачених умовами нормальної експлуатації, завдавали б мінімальних збитків людям та навколишньому середовищу.

Для вирішення цього завдання та забезпечення нерозповсюдження локального пошкодження та перетворення його на глобальне при особливих впливах можливі три напрямки: зниження рівня «ризиків»; збільшення ступеня статичної невизначеності системи; розрахунково-конструктивні відповіді на можливі пошкодження. Перевага того чи іншого напрямку насамперед оцінюється економічними показниками: це співвідношення витрат на посилення конструкцій та втрат, спричинених аварією.

В доповіді розглядається напрямок, який передбачає проектування систем, здатних чинити опір експлуатаційним та аварійним впливам при змінах розрахункової та конструктивної схеми після локального пошкодження. Вважається, що цей напрямок найбільш економічно виправданий та цілеспрямований. Способи розрахунку засновані на можливості системи сприймати навантаження навіть при втраті одного з ключових зв'язків.

Підхід, запропонований та реалізований у ПК ЛІРА-САПР, дозволяє змоделювати різними способами аварійну або форс-мажорну ситуацію таким чином, щоб забезпечити можливість аварійної евакуації людей за час, поки локальне обвалення переросте у прогресуюче. При розрахунку в ПК ЛІРА-САПР враховується ефект перерозподілу зусиль та пристосовуваності конструкцій та їх робота у запроектній стадії. У ПК ЛІРА-САПР реалізовано декілька варіантів розрахунку: в квазістатичній постановці - лінійний та нелінійний розрахунок та в динамічній постановці - лінійний та нелінійний розрахунок.

У квазістатичній постановці є два поширені підходи: pushdown і pulldown. Наприклад, в нормах США щодо прогресуючого обвалення (UFC 4-023-03-2016, GSA2003-2016) для квазістатичних розрахунків прийнято використовувати частковий pushdown-аналіз, що передбачає збільшення навантажень на горизонтальні конструкції, що примикають до ланцюжка колон над колоною, що видаляється; а для нелінійних динамічних розрахунків - використовувати частковий силовий pulldown-аналіз, при якому на коефіцієнт динамічності множаться зусилля, що діяли в видаленому елементі, прикладені зі зворотним знаком. У вітчизняній практиці прийнято використовувати частковий силовий pulldown-аналіз та в деяких роботах застосовується pushdown.

Такі два підходи не еквівалентні за своїми результатами та коефіцієнтами динамічності, що використовуються у двох підходах не рівні. Однак, у ЛІРА-САПР автоматизована схема pulldown-аналізу (рис. 1).



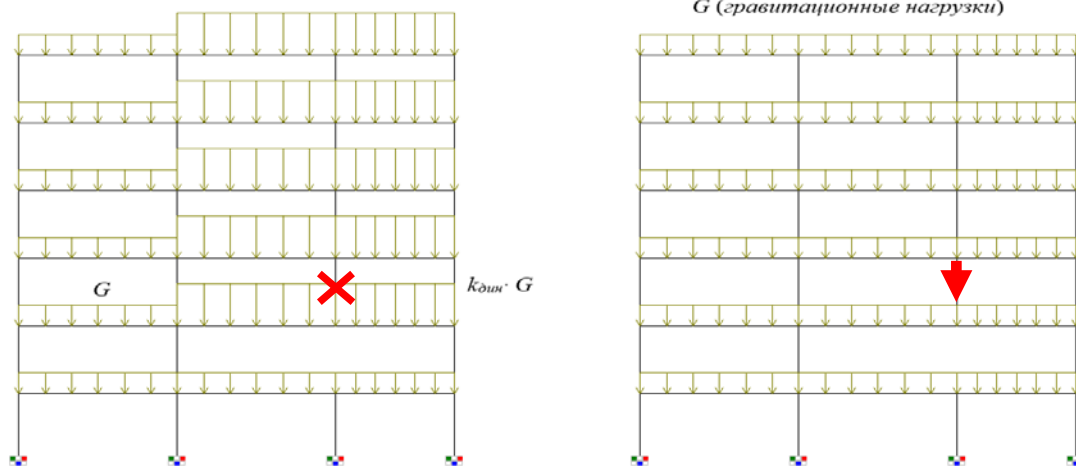
КВАЗИСТАТИКА *PUSHDOWN*ДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК *PULLDOWN*

Рис.1. Підходи до вирішення проблеми.

Очевидно, що навантаження від ударних, сейсмічних, вибухових та інших аварійних впливів можуть мати динамічну складову. Це стосується і раптового видалення опор. Розроблено безліч розрахункових моделей, що враховують динамічний характер навантаження на конструкцію. Особливість завдання опору прогресуючому руйнуванню при контактному вибуху у тому, що у початковий момент система має цілком пружні властивості, а в процесі деформування стає пружнопластичною і навіть пластичною. Задача не має універсального рішення.

У ПК ЛІРА-САПР існує можливість встановити коефіцієнт динамічності ( $K_d$ ) для моделювання локальної відмови елементів конструкції. Він призначається у вузли окремо за всіма ступенями свободи. Тому можна, наприклад, у вісі  $Z$  задати його рівним 2, а по інших вісях залишити 1 або задати інше значення. Таким чином, рішення про величину коефіцієнтів динамічності за будь-яким напрямом приймає інженер-конструктор. Особливість даної реалізації в тому, що заданий коефіцієнт спрацьовує тільки в тих вузлах, які належали елементам, демонтованим на останній стадії (в інших стадіях можна демонтувати елементи, як раніше, наприклад, тимчасові опори). Виняток становлять вузли, які в результаті демонтажу стали «висячими», тобто ні до чого не прикріплені. Таким чином можна призначити у всі вузли схеми прийнятий для розрахунку коефіцієнт динамічності, а він спрацює тільки в потрібному місці.

Важливий фактор реакції конструкції на миттєве застосування навантаження – це пластичність конструкції в граничній стадії роботи, тобто наявність площини пластичної роботи перерізу елемента або вузла з'єднання елементів конструкції. Задача не має одноманітного рішення. Вона може ґрунтуватися на величезному різноманітті досягнень будівельної механіки та теорії конструкцій та багато в чому є конструкторською: поєднанням інтуїтивних міркувань та чітких теоретичних доказів. Тому дуже важливим є питання врахування нелінійної роботи конструкцій.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Barabash M. Some aspects of modelling nonlinear behaviour of reinforced concrete. *Strength of Materials and Theory of Structures*. 2018. № 100. P. 164–171.



## МЕТОДИКА ВРАХУВАННЯ СЕЙСМІЧНИХ ВПЛИВІВ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ПРИЧАЛІВ ТИПУ ТОНКА СТІНКА ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ ВИНИКНЕННЮ РУЙНУВАНЬ

*Безушко Д.І.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Дорофєєв В.С.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,  
Єгунов К.В.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,  
Мурашко О.В.<sup>2</sup>, д.т.н., доцент*

*Одеський національний морський університет,  
Одеська державна академія будівництва та архітектури*

Приблизно 40 % території України знаходяться в зоні впливу значних сейсмічних подій та 70 % – під загальним впливом землетрусів, що призводять до підтоплення, зсувів, просадок та інших інженерно-геологічних процесів з негативним впливом на стійкість споруд.

До нормативів, що регулюють правила проектування, будівництва та експлуатації причалів у сейсмічно небезпечних зонах у світі належать [1–5]. На Україні розроблено та впроваджено національний нормативний документ [6] в якому враховані рекомендації, щодо визначення сейсмічної небезпеки відповідно до [4]. Це призвело до зміни нормативної інтенсивності сейсмічної дії в [6] по відношенню до попереднього нормативного документу [7] аналіз змін наведено в [8]. Для 4-х морських портів України тепер нормативна бальність району будівництва більше на один бал, а 7 з 13-ти портів знаходяться в районах з бальністю вище 7-ми. Такі зміни зон інтенсивності сейсмічного навантаження позначилися на показниках надійності причальних споруд, а також на їх розрахунках.

Розвиток комп'ютерних технологій привів до всебічного використання методу скінченних елементів як основного при визначенні напружено-деформованого стану споруд. Цей метод використовують в інженерній практиці вже більше 50 років [9], хоча його засади було сформульовано ще в 1940-ві роки. За цей час зазнали значних змін методи триангуляції, види апроксимуючих функцій, методи розв'язку та спрощення систем алгебраїчних рівнянь, вид та склад матриці жорсткості та матриці мас, моделі деформування матеріалів конструкцій та ґрунтів основ.

Нині адекватність використання методу скінченних елементів визначається достовірністю й точністю моделей навантаження, моделей роботи матеріалів і ґрунтів, моделей руйнування. Споруда разом із ґрунтом основи формує складний напружено-деформований стан протягом усього свого життєвого циклу. Саме визначення деформацій на різних етапах є важливою складовою забезпечення надійності споруди та безаварійної експлуатації, що неможливо без використання відповідних моделей деформування ґрунтів та врахування різних видів навантажень [1–5, 10, 11]. Сучасні програмні комплекси, що використовуються для розв'язання задач інженерної геотехніки, такі як «Plaxis» та «Midas GTS NX», нараховують більше 20 моделей матеріалів [10, 11, 12, 13, 14] але не всі з них можна використовувати при розрахунках на динамічні впливи. Особливу увагу при розрахунках причальних споруд на сейсмічні впливи слід приділити явищу розрідження ґрунту.

Рекомендована послідовність дій щодо створення аналітичної моделі причалу типу тонка стінка та розрахунок на сейсмічні навантаження:

1. Створення розрахункової схеми та розрахунок на дію статичних навантажень відповідно;
2. Використання моделей деформування ґрунту та модель UBСSAND для ґрунтів, що розріджуються;



3. Накладання граничних вимог, що дозволяють врахувати проходження сейсмічної хвилі;
4. Створення сейсмічного навантаження з використанням синтезованих або розрахункових акселерограм;
5. Розрахунок на сейсмічні дії;
6. Розрахунок стійкості схилу за методом аналізу напружень.

При збільшенні сейсмічності майданчика на один бал зусилля в лицьовій стінці збільшуються майже на 20 % та може призвести до руйнування конструкції в цілому. Неврахування розжиження ґрунту може призвести до зміни в конструктивній схемі причалу внаслідок динамічних впливів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Port of Long Beach. Wharf Design Criteria. Version 2.0. Long Beach, California. 2019.
2. California Building Standards Commission. California Building Code. Title 24. Part 2. Sacramento, CA, 2010.
3. Technical Standards and Commentaries for Port And Harbor Facilities in Japan / Overseas Coastal Area Development Institute, Japan. 2012.
4. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules seismic actions and rules for buildings. CEN. Ref. No. EN 1998-1: 2004.
5. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 5: Foundations, retaining structures and geotechnical aspects. CEN. Ref. No. EN 1998-5: 2004.
6. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво у сейсмічних районах України / Київ : Мін-регіон України, 2014.
7. СНиП II-7-81\* Будівництво в сейсмічних районах/ Москва: Стройиздат, 1984.
8. V. Dorofeev, K. Iegupov, O. Murashko, Structural Systems of Seismic Resistant Buildings in the Odessa Region of the Ukraine. Quality, Mobility and Globalization in the Higher Education System: A Comparative Look at the Challenges of Academic Teaching. Chapter 13. New York : NOVApublishers, 2016. P. 97–106.
9. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. Москва : Мир, 1975.
10. Пособие по расчетам GTS NX / Midas GTS NX. 2020. URL: <http://ru.midasuser.com/web/page.php?no=65>.
11. D. Bezushko, K. Egupov, M. Postan. Development of a method to calculate the probability of a berth failure under vertical stochastic load. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 1. № 3 (97).
12. N.M. Newmark, A method of computation for structural dynamics. *Journal of the engineering mechanics division*. 1959. № 85(3). pp.67–94.
13. Y.T. Feng, D. Peric, D.R.J. Owen. A new criterion for determination of initial loading parameter in arc-length methods. *Computers & Structures*. 1996. № 58 (3). P. 479–485.
14. E. Carrera. A study on arc-length-type methods and their operation failures illustrated by a simple model. *Computers & Structures*. 1994. № 50(2). P. 217–229.



## НЕЙТРАЛІЗАЦІЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ БЕЗ ДЕТОНАЦІЇ АКУСТИЧНИМИ КОЛИВАННЯМИ ЗМІННОЇ НАПРАВЛЕНОСТІ

*Вавренюк С.А., д.н. держ. упр.*

*Національний університет цивільного захисту України*

В керівному документі [1] викладено порядок знищення вибухонебезпечних предметів (ВНП) накладними зарядами вибухових речовин. Цей метод являє собою підвищену небезпеку, обумовлену ініціюванням детонації основного заряду ВР. У теперішній час для зменшення можливості вибуху при знешкодженні вибухового пристрою (ВП) застосовують отруйний газ, котрий нейтралізує активні компоненти ВП та кріодеструкцію [2]. Але ці операції є дуже коштовними і шкідливими для здоров'я людей.

Ми створили безпечний і економічний метод знешкодження заряду ініціюючої вибухової речовини механічним руйнуванням ВР акустичним шумом зростаючої інтенсивності. У конкретних формах виконання методу застосовано акустичний шум з суцільним рівномірним спектром частот (наприклад «нормальний білий шум»), що дозволяє здійснювати руйнування заряду ВР в резонансному режимі (тобто більш ефективно). Після знешкодження ВП запропонованим методом (на відміну від інших методів) засоби збудження акустичних коливань (сирена) зостаються неушкодженими, тобто можливе їх багаторазове використання. Це обумовлює економічну доцільність нового методу знешкодження вибухового пристрою. Окрім цього, суттєво зменшується вплив процесу знешкодження ВП на зовнішнє середовище, а після знешкодження ВП маємо можливість проведення його експертизи.

Розроблений метод виключає можливість ініціювання заряду вибухової речовини при будь-яких параметрах руйнівного чинника (акустичних коливань) завдяки формуванню в елементах ВП тріщин від утомленості (які перешкоджають проходженню детонаційної хвилі). Економічність такого методу обумовлена можливістю багаторазового використання засобу руйнування (тобто повітряної сирени).

Але надійність такого метода все ж недостатня внаслідок малих руйнівних зусиль в елементах ВП при озвучуванні. Величина цих зусиль пропорційна рівню звукового тиску і площині кожного елемента ВП, тобто залежить від направленості акустичних коливань відносно вибухового пристрою. А оскільки напрямок дії акустичного шуму тут незмінний, то сумарна експозиція елементів ВП недостатня і акустична енергія витрачається непродуктивно [3].

Поставлено задачу створити метод знешкодження вибухового пристрою із збільшеною експозицією елементів ВП в полі акустичного шуму і цим підвищити руйнівні зусилля в елементах ВП, а отже надійність і економічність процесу знешкодження.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі знешкодження вибухового пристрою шляхом механічного руйнування елементів вибухового пристрою акустичним шумом з поступовим збільшенням його інтенсивності в процесі знешкодження змінюють направленість акустичного шуму відносно вибухового пристрою.

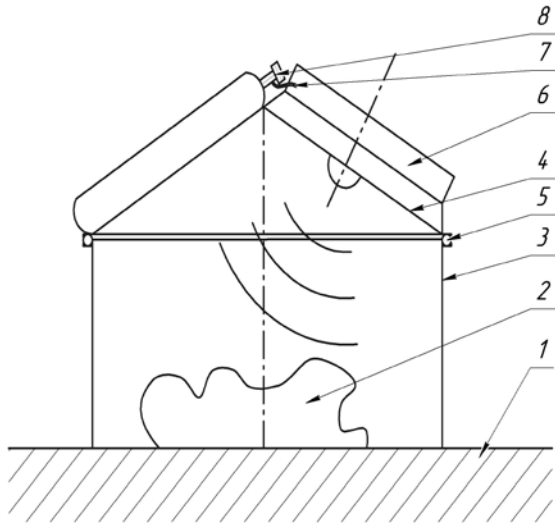
Акустичний шум змінної направленості дозволяє більш ефективно здійснювати звукову обробку елементів ВП завдяки збільшенню сумарної площини озвучування (оскільки сила, котра діє на елемент, прямо пропорційна площині, яка експонується).

Окрім цього, таке нестаціонарне акустичне поле призводить до перерозподілу навантажень на елементи ВП та збільшує кількість мод коливань, що підвищує імовірність руйнування елементів від утомленості, тобто надійність способу знешкодження ВП. Акустична енергія тут витрачається більш раціонально, що підвищує економічність процесу руйнування вибухового пристрою.

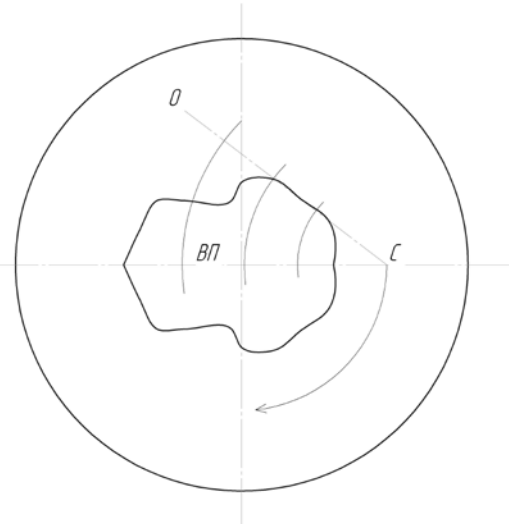


Зміну направленості акустичного шуму здійснюють обертанням повітряної сирени навколо вибухового пристрою тангенціальною складовою реакції звукового тиску. Це дозволяє уникнути витрат на виготовлення спеціального привода.

Розв'язання поставленої задачі пояснюється рис. 1, на якому наведено агрегат для знешкодження ВП. А на рис. 2 показана схема обертання повітряної сирени навколо вибухового пристрою під дією тангенціальної складової реакції звукового тиску.



**Рис. 1.** Агрегат для знешкодження вибухового пристрою.



**Рис. 2.** Схема обертання повітряної сирени навколо вибухового пристрою.

Розроблений метод знешкодження вибухового пристрою із збільшеною експозицією елементів ВП в полі акустичного шуму дозволяє підвищити руйнівні зусилля в елементах ВП, а отже надійність і економічність процесу знешкодження.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Руководство по взрывным работам. М.: Воениздат, 1969. 345 с.
2. Hi-Tech. Панорама высоких технологий. ООО «Софт-Пресс». Киев, 2002. № 7. 16 с.
3. Internal Security EQUIPMENT CATALORCUE P.W. Allen & CoLtd, 25 Swan Lane Evesham Worcestershire WR 11 4PE UK, 1995. 41 p.



## ВПЛИВ ЗАБРУДНЕННЯ ТЕПЛОБМІННИХ ПОВЕРХОНЬ КОНДЕНСАТОРІВ ТУРБІН НА ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

*Гаєвський В.Р., к.т.н., доцент,  
Филипчук В.Л., д.т.н., професор*

*Національний університет водного господарства та природокористування*

Забруднення теплообмінних поверхонь є причиною погіршення вакууму в конденсаторах турбін, що може вивести турбіну із номінального режиму роботи і спричинити надзвичайну нештатну ситуації на електричній станції. У зв'язку з цим необхідно вміти визначати товщину шару осаду, який буде утворюватись на поверхнях теплообмінних елементів оскільки це може спричинити відхилення від номінального режиму роботи турбіни аж до її руйнування. У даній роботі приводиться розрахунок залежності температури ( $t_n$ ) та тиску ( $p$ ) насиченої відпрацьованої пари у конденсаторі та втрати потужності турбіни ( $\Delta N$ ) в залежності від товщини шару осаду. Розрахунок виконаний на прикладі турбіни К-500-240-2 і конденсатора К-11520-2 виробництва ХТЗ [2].

Температура насичення відпрацьованої водяної пари в конденсаторі визначається за рівнянням:

$$t_n = t_{вх} + \Delta t_B + \delta t, \quad (1)$$

де  $t_{вх}$  – температура охолоджуючої води на вході у конденсатор;  $\Delta t_B = t_{вих} - t_{вх}$  – нагрів води у конденсаторі;  $t_{вих}$  – температура води на виході з конденсатора;  $\delta t$  – недогрів до температури насичення (температурний напір між відпрацьованою парю і охолоджуючою водою). Рівняння (2) є основним рівнянням роботи конденсатора, що визначає ефективність роботи як конденсатора, так і всієї конденсаційної установки. Температура охолоджуючої води на вході в конденсатор залежить від географічного місцеположення ТЕС, пори року та системи водопостачання. Недогрів до температури насичення визначається за співвідношенням:

$$\delta t = \frac{\Delta t}{\exp\left(\frac{KF}{G_e c_p}\right) - 1}, \quad K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{пс}} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_{св}} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}} \quad (2)$$

де  $\Delta t_B = 580 \cdot \frac{D_n}{G_B}$  ( $G_e$  – витрата охолоджувальної води через конденсатор, кг/с;

$D_n$  – витрата пари, що надходить в конденсатор, кг/с);  $c_p$  – теплоємність води при постійному тиску, Дж/(кг·К);  $F$  – площа поверхні теплообміну конденсатора, м<sup>2</sup>;  $K$  – коефіцієнт теплопередачі теплообмінника, Вт/(м<sup>2</sup>·К),  $\delta_c$ ,  $\delta_3$  – товщина стінки трубки теплообмінника та шару забруднення відповідно, м;  $\lambda_c$ ,  $\lambda_3$  – коефіцієнти теплопровідності стінки трубки теплообмінника та забруднення відповідно, Вт/(м·К);  $\alpha_{пс}$ ,  $\alpha_{св}$  – коефіцієнти тепловіддачі пара – стінка та стінка – відповідно, Вт/(м<sup>2</sup>·К), що визначаються за формулами:

$$\alpha_{пс} = 28,3 \cdot \alpha_{Nu} \cdot \Pi^{0,08} \cdot Nu^{-0,58}, \quad \alpha_{св} = 2,3 \cdot 10^{-2} Re_B^{0,8} Pr_B^{0,4} \frac{\lambda_B}{d_{вн}}, \quad (3)$$

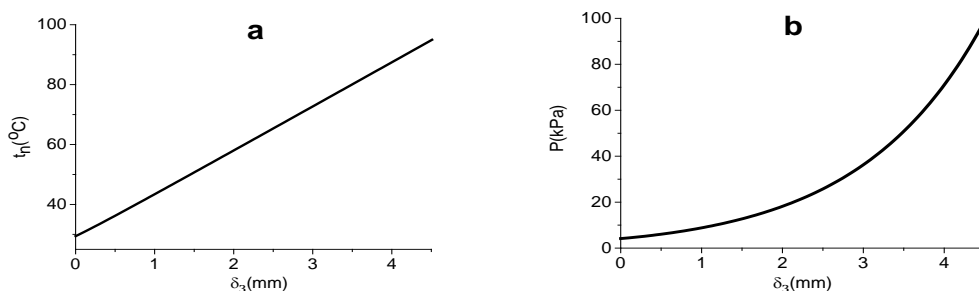
де  $Re = \frac{W_B d_{вн}}{\nu_B}$ ;  $\Pi = \frac{\rho_{пс} W_{пс}^2}{\rho_{пс} g d_3}$ ;  $Nu = \frac{\alpha_{Nu} d_3}{\lambda_{пс}}$ ;  $\alpha_{Nu} = 1,383 \cdot \left( \frac{\lambda_{пс}^3 \rho_{пс}^2 F}{\eta_{пс} d_3 D_{пс}} \right)^{1/3}$ ;

$d_{вн}$ ,  $d_3$  – внутрішній та зовнішній діаметри теплообмінної трубки, м;



$W_{\text{в}}$ ,  $W_{\text{п}}$  – швидкість охолоджуючої води та пари відповідно;  $\nu_{\text{в}}$  – коефіцієнт кінематичної в'язкості води,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $\eta_{\text{пк}}$  – коефіцієнт динамічної в'язкості плівки конденсату,  $\text{Па}\cdot\text{с}$ ;  $\rho_{\text{пк}}$ ,  $\rho_{\text{п}}$  – густина охолоджуючої води, плівки конденсату та водяної пари відповідно,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\lambda_{\text{пк}}$  – коефіцієнт теплопровідності плівки конденсату  $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ;  $g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$  – прискорення вільного падіння. Враховуючи (1)–(3), запишемо залежність температури насиченої відпрацьованої пари від товщини шару забруднення:

$$t_{\text{н}} = t_{\text{вк}} + 580 \cdot \frac{D_{\text{п}}}{G_{\text{в}}} \cdot \left( 1 + \left( \exp \left( \left( \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{пк}}} + \frac{\delta_{\text{с}}}{\lambda_{\text{с}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{св}}} + \frac{\delta_{\text{з}}}{\lambda_{\text{з}}}} \right) \cdot \frac{F}{G_{\text{в}} \cdot c_{\text{п}}} \right) - 1 \right)^{-1} \right). \quad (4)$$



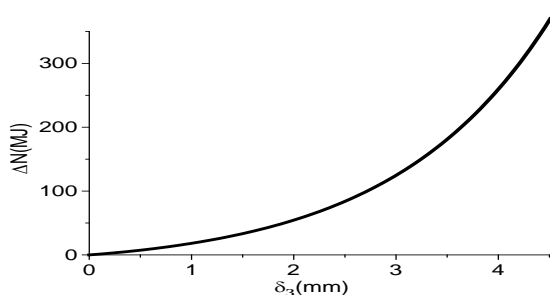
**Рис. 1.** Залежність температури (а) та тиску (б) насиченої відпрацьованої пари від товщини шару забруднення.

Залежність (4) як  $t_{\text{н}}(\delta_{\text{з}})$  показана на рис. 1 а. Тиск насиченої пари визначимо із апроксимаційної залежності тиску від її температури (див. рис. 1 б), що має вигляд:

$$p(t) = 1,75 + 0,5 \sqrt{12,25 + 4 \exp(8,82 \cdot 10^{-2} t + 0,86)}. \quad (5)$$

$\Delta N$  визначимо з поправки до зміни потужності, що рівна 3,88 МВт на 1 кПа [1]. На основі (4) і (5) вираз для  $\Delta N$  буде мати вигляд:

$$\Delta N(\delta_{\text{з}}) = 3,88 \cdot p(t_{\text{н}}). \quad (6)$$



**Рис. 2.** Залежність втрати потужності турбіни від товщини шару забруднення.

З рис. 1, 2 видно, що при допустимих відхиленнях тиску насиченої відпрацьованої пари 0,5 кПа, максимальній допустимій втраті потужності 4 % і граничній втраті потужності 70 %, при якій забороняється експлуатація турбіни, відповідні товщини забруднення кальцитом будуть: 0,15 мм; 1,1 мм і 4,5 мм.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Аронсон К.Э. та ін. Теплообменники энергетических установок: учебник. Екатеринбург: УрФУ, 2015.
2. Ривкин С.Л., Александров А.А. Теплофизические свойства воды и водяного пара. Москва: Энергия, 1980. 424 с.



## МЕТОД ПРОГНОЗУВАННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ В УМОВАХ ПОЖЕЖІ ДЕРЕВ'ЯНИХ БАЛОК ПРЯМОКУТНОГО ПЕРЕРІЗУ

*Поздєєв С.В.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,*

*Субота А.В.<sup>2</sup>, к.т.н.,*

*Змага М.І.<sup>1</sup>,*

*Змага Я.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент*

<sup>1</sup>Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України,

<sup>2</sup>ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

Згідно з [1] для визначення межі вогнестійкості дерев'яних конструкцій, зокрема дерев'яних балок, існує експериментальні, розрахункові та експериментально-розрахункові методи.

При визначенні за розрахунковим методом торцевої та бічної товщини обвугленої зони перерізу дерев'яних балок, підданих трьохсторонньому нагріву в умовах пожежі, згідно із результатами, що наведені у роботах [2–4], можна визначити усереднені значення швидкостей обвуглювання деревини вогнезахисених дерев'яних балок. Для аналізу точності отриманих даних щодо зони обвуглювання був проведений порівняльний аналіз даних, що отримані експериментальним шляхом та даними, отриманими на основі розрахунку. Враховуючи результати, висвітлені [5], можна запропонувати послідовність процедур для розрахункового методу прогнозування несучої здатності дерев'яних балок прямокутного перерізу із вогнезахисним облицюванням на основі просоченої фанери в умовах пожежі із стандартним температурним режимом, який ґрунтується на спрощених алгоритмах. Одним із таких алгоритмів розуміє використання спеціальних номограм. Вказані номограми можуть бути побудовані на основі отриманих регресій (1) для визначення часу настання граничного стану втрати несучої здатності дерев'яними балками прямокутного перерізу із вогнезахисним облицюванням на основі просоченої фанери.

$$U_{fi} = p_0 + p_1x_1 + p_2x_2 + p_3x_3 + p_4x_1x_2 + p_5x_1x_3 + p_6x_2x_3 + p_7x_1x_2x_3, \quad (1)$$

де  $p_0, p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7$  – коефіцієнти регресії;  $x_i$  – значення фактору відповідно до матриці плану;  $U_{fi}$  – значення межі вогнестійкості дерев'яних балок з вогнезахисним облицюванням на основі просоченої фанери відповідно до табл. 1.

**Табл. 1. Межі вогнестійкості дерев'яних балок захищених шляхом облицювання вогнезахисною фанерою за результатами експерименту**

Експериментальна ситуація	1	2	3	4	5	6	7	8
Межа вогнестійкості, балки $U_{fi}$ , хв	44	86	18	60	80	206	52	181

Коефіцієнти отриманої регресії наведені у табл. 2. На рис. 1 у якості прикладу наведені подібні номограми, побудовані для трьох стандартних класів вогнестійкості.

**Табл. 2. Коефіцієнти регресії для обчислення вогнестійкості дерев'яних балок з вогнезахисним облицюванням на основі просоченої фанери**

Коефіцієнт	$p_0$	$p_1$	$p_2$	$p_3$	$p_4$	$p_5$	$p_6$	$p_7$
Значення (кодовані)	90,875	-42,375	13,125	-38,875	0,375	21,375	-0,125	-0,375
Значення (реальні)	286,99	-5914,7	-2,57	-196,99	206,25	170,45	0,261	-17,045



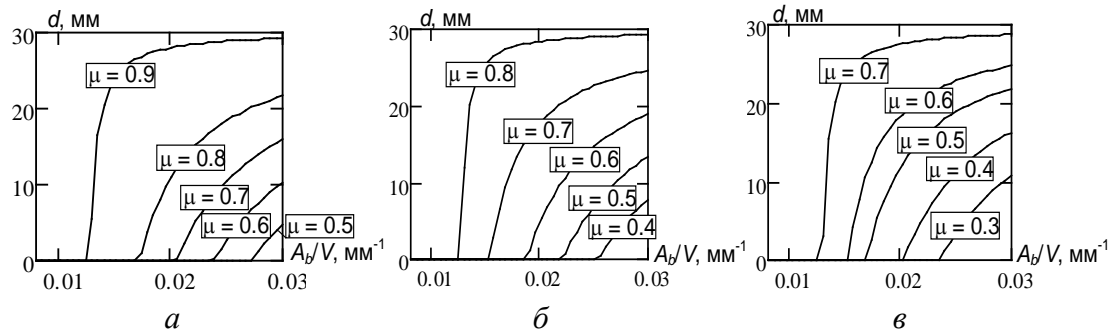


Рис. 1. Залежності товщини захисного шару просоченої фанери від коефіцієнту перерізу дерев'яних балок з вогнезахисним облицюванням на основі вогнезахисною фанерою для забезпечення межі вогнестійкості: а – R 30; б – R 60; в – R 90.

Таким чином, отримані результати дозволяють визначити послідовність процедур для реалізації методу прогнозування несучої здатності дерев'яних балок прямокутного перерізу із вогнезахисним облицюванням на основі просоченої фанери.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. EN 1995-1-2:2004. Eurocode 5: Design of timber structures. Part 1-2: General-Structural fire design.
2. Новгородченко А.Ю., Поздєєв С.В., Некора О.В., Луценко Ю.В., Медвідь Б.Ю. Дослідження обвуглювання дерев'яної балки з вогнезахисним облицюванням на основі плит OSB. *Наукове видання. Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація: збірник наукових праць*. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2018. № 4. С. 34–42.
3. Поздєєв С.В., Новгородченко А.Ю., Підгорецький Ю.Ю., Неділько І.А. Обґрунтування математичної моделі процесу обвуглювання зразків-фрагментів дерев'яної балки з вогнезахисним облицюванням. *Наукове видання. Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація: збірник наукових праць*. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України. Т. 3. № 2 (2019). С. 90–97.
4. Новгородченко А.Ю., Поздєєв С.В., Некора О.В. Аналіз параметрів обвуглювання дерев'яної балки з вогнезахисним облицюванням. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*. 2019. № 16. С. 53–56.
5. Pozdieiev S., Zmaha M., Nedilko I., Fedchenko S. Methods of mathematical modeling of the area carbonation of wooden beams with lining of fire protective plywood *Збірник наукових праць. «Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація»*. Черкаси: ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2020. Т. 4, № 2. С. 97–105.



**ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНЕ РІШЕННЯ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ СПИРТОЗАВОДУ***Івакіна М.Г.,**Рашикевич Н.В., PhD**Національний університет цивільного захисту України*

Інженерно-технічні рішення і пожежно-профілактичні заходи щодо забезпечення техногенної безпеки спиртозаводу повинні бути спрямовані, насамперед, на запобігання виникнення пожежі, на своєчасне виявлення і гасіння пожежі. Велика увага повинна приділятися сучасним методам протипожежного захисту виробництва, а також плануванню дій (взаємодії) персоналу підприємств, спецпідрозділів, населення, центральних та місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування щодо локалізації і ліквідації аварій та пом'якшення їх наслідків.

У випадку виникнення аварії або пожежі на виробництві (у виробничому приміщенні або на зовнішній технологічній установці) виникає необхідність евакуації або суттєвого зменшення кількості пожежонебезпечних рідин, газів чи парів, а також твердих горючих матеріалів, якими заповнені технологічні ємності апарати та комунікації. З цією метою на виробництві влаштовують спеціальні системи, які забезпечують аварійну евакуацію горючих речовин та матеріалів.

Евакуація легкозаймистих та горючих рідин із зони аварії або пожежі значною мірою сприяє зменшенню можливості поширення полум'я і суттєво полегшує дії пожежно-рятувальних підрозділів.

Повна або часткова евакуація пожежонебезпечних рідин може бути здійснена за допомогою спеціальних аварійних зливів.

Необхідність улаштування аварійного зливу пожежонебезпечних рідин визначається вимогами правил пожежної безпеки та виходячи із особливостей пожежної небезпеки технологічного процесу.

Аварійний злив може виконуватися самопливом або під тиском. Для визначення особливостей організації аварійного зливу спочатку необхідно визначити об'єм етилового спирту, що потрібно злити з апарату  $V_p$ , та трасування аварійного трубопроводу від апаратів, що спорожнюються, до аварійної ємності, визначити довжину лінійних ділянок (вертикальних, горизонтальних).

$$V_p = \sum_{i=1}^n V_i \cdot \varepsilon_i, \quad (1)$$

де  $V_i$  – геометричний об'єм  $i$ -того апарата, що спорожнюється, м<sup>3</sup>;

$\varepsilon$  - ступінь заповнення  $i$ -того апарата;

$n$  - число апаратів, що одночасно спорожнюються.

Максимально допустима тривалість аварійного зливу з апарата дорівнює:

$$\tau_{сп.м.} = \tau_{зл.} = \tau_{оп.} \quad (2)$$

де  $\tau_{сп.м.}$  – максимально допустима тривалість аварійного спорожнювання апарата, с;

$\tau_{зл.}$  – допустима тривалість аварійного режиму, с, обґрунтовується розрахунком, виходячи з вогнестійкості будівельних конструкцій та обладнання, тривалості вигорання рі-



дини або середнього часу виклику пожежних підрозділів, у більшості випадків приймають  $\tau_{зл.} \leq 900$  с;

$\tau_{он.}$  – тривалість операцій щодо приведення системи до дії, яка на діючому виробництві складається з часу виявлення аварійної ситуації  $\tau_{вияв.ав.с}$ , прийняття рішення  $\tau_{пр.р.}$ , продувки системи інертним газом (за необхідності)  $\tau_{пр}$  і відкриття привідних засувок  $\tau_{в.з.}$ .

При проектуванні системи аварійного зливу звичайно приймають: при ручному пуску системи в дію  $\tau_{он.} = 300$  с і при автоматичному пуску  $\tau_{он.} = 120$  с.

Коефіцієнт витрати системи аварійного зливу:

$$\varphi_{сум} = \sqrt{\frac{1}{1 + 3\xi_{сум}}} \quad (3)$$

Діаметр аварійного трубопроводу  $d_{мп.}$ :

$$d_{мп} = 0,768 \sqrt{\frac{V_p}{\tau_{сн.м.} \cdot \varphi_{сум} (H_1 + H_2)}} \quad (4)$$

де  $H_1$  – відстань від рівня рідини в апараті, що спорожнюється на початку зливу, до вхідного перерізу аварійного трубопроводу в аварійній ємності та відстань  $H_2$  від випускного отвору апарата до вхідного перерізу аварійного трубопроводу в аварійній ємності.

Площа прохідного перерізу труб системи аварійного зливу і вихідного патрубку апарата:

$$f_{мп} = f_{вих} = 0,785 \cdot d_{ен}^2, \quad (5)$$

де  $d_{ен}^2$  – внутрішній діаметр трубопроводу, м.

Знаходимо середню швидкість руху рідини по аварійному трубопроводу під час зливу, м/с:

$$\omega = 2,22 \cdot \varphi_{сум} \cdot (\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2}) \quad (6)$$

Тривалість спорожнення апарата, с:

$$\tau_{сн} = \frac{0,452 \cdot F (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2})}{\varphi_{сум} \cdot f_{вих}}, \quad (7)$$

де  $f_{вих}$  – площа поперечного перерізу апарата, м<sup>2</sup>.

З метою обмеження поширення пожежі на спиртзаводі потрібно передбачати аварійний злив пожежонебезпечних рідин із ємностей, які розміщені усередині виробничої будівлі у спеціальні аварійні або дренажні ємності підземного або напівпідземного типу, що розташовуються поза меж будівель. Від ефективності роботи таких систем залежить безпека робіт з ліквідації надзвичайної ситуації в цехах підприємства.



**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ  
ЧИННИКІВ ТА ЗОВНІШНІХ УМОВ НА ТЕМПЕРАТУРУ ТА ВМІСТ  
КОНДЕНСОВАНИХ ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ ПІРОТЕХНІЧНИХ  
ОКСИДОВМІСНИХ СУМІШЕЙ**

*Кириченко Є.П., ад'юнкт ад'юнктури,  
Дядюшенко О.О., к.т.н., доцент,  
Кириченко О.В., д.т.н., професор,  
Діброва О.С., к.т.н.*

*Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України*

На сьогодні широкого застосування набувають піротехнічні оксидовмісні суміші, які використовуються як спалахувальні суміші і являються джерелами запалювання для освітлюваних, сигнальних та трасувальних засобів, запалювальних патронів та снарядів, елементів ракетно-космічної техніки в відповідних піротехнічних виробках [1–5]. Зазначені піротехнічні суміші є ущільненими сумішами з порошків магнію, алюмінію та оксидів відповідних металів таких, як  $\text{CuO}$ ,  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NiO}$ , що обумовлює утворення продуктів згоряння з високими температурами та відносним вмістом високотемпературного конденсату, які генерують значні теплові потоки на поверхню основних зарядів виробів і призводить до їх спрацьовування.

Але при передчасному спрацьовуванні піротехнічних виробів на основі розглянутих сумішей в умовах зовнішніх термічних дій утворюються продукти згоряння з високими температурами та великим вмістом високотемпературного конденсату, що призводить до пожежовибухонебезпечного займання оточуючих об'єктів [6–9]. Тому велике практичне значення має попередження вимушених передчасних пожежонебезпечних руйнувань виробів у випадку впливу зовнішніх термічних дій. Відповідно до цього необхідним є при проектуванні та виготовленні зарядів піротехнічних сумішей контролювати рівень температур продуктів згоряння сумішей, та також вміст у них високотемпературного конденсату, що дозволить знижувати рівень пожежної безпеки піротехнічних виробів для навколишніх об'єктів в умовах їх зберігання, транспортування та застосування.

Для вирішення такої задачі було проведено відповідні термодинамічні розрахунки залежностей температури продуктів згоряння ущільнених сумішей з порошків магнію, алюмінію та оксидів металів та вмісту у них високотемпературного конденсату від співвідношення компонентів, їх природи та зовнішнього тиску, що дозволяє використовувати зазначені розрахунки як інженерні методи на стадіях проектування та виготовлення піротехнічних виробів на основі оксидовмісних сумішей.

Дослідження проводились за допомогою методів термодинамічного аналізу процесу горіння сумішей з врахуванням фазової нерівноважності їх продуктів згоряння.

Термодинамічні розрахунки дозволили отримати наступні результати:

– встановлено, що залежність температури продуктів згоряння сумішей  $T_c$  від відносного вмісту металевого пального суміші  $\zeta_M$  має максимум від 2070 до 3870 К, що відповідає  $(\zeta_M)_{T_{\max}} = 0,19 \dots 0,35$  та зовнішнім тискам  $P = 10^5 \dots 3 \cdot 10^7$  Па;

– визначено збільшення зовнішнього тиску від  $10^5$  Па до  $3 \cdot 10^7$  Па призводить до зростання температури  $T_{\max}$  від 2070 К до 3650 К (для сумішей магній + оксиди металів) та від 2230 К до 3870 К (для сумішей алюміній + оксиди металів). При цьому для досліджуваного вмісту металевого пального суміші незалежно від природи металевого



пального та окиснювача збільшення зовнішнього тиску призводить до зростання  $T_2$  у 1,7...1,8 рази;

– встановлено, що максимальний вміст високотемпературного конденсату у продуктах згоряння сумішей  $g_K^{max}$ , що відповідає  $\zeta_M = (\zeta_M)_{T_{zmax}}$ , зростає від 0,32 до 0,91 при збільшенні зовнішнього тиску від  $10^5$  Па до  $3 \cdot 10^7$  Па. При цьому величина  $g_K^{max}$  суттєво залежить від природи металевого пального та окиснювача: заміна у суміші магнію на алюміній призводить до збільшення  $g_K^{max}$  у 1,4...1,5 рази, а заміна у суміші, наприклад, CuO на Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> призводить вже до зменшення  $g_K^{max}$  у 1,6...1,7 рази.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Ващенко В.А., Кириченко О.В., Лега Ю.Г., Заика П.И., Яценко И.В., Цыбулин В.В. Процессы горения металлизированных конденсированных систем. К.: Наукова думка, 2008. 745 с.
2. Кириченко О.В. Повышение эффективности пиротехнических нитратосодержащих изделий в условиях их применения. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*. 2009. № 2. С. 89–94.
3. Кириченко О.В., Пашковський П.С., Ващенко В.А., Лега Ю.Г. Основи пожежної безпеки піротехнічних нітратовмісних виробів в умовах зовнішніх термовпливів: монографія. К.: Наукова думка, 2012. 318 с.
4. Кириллов Г.Н., Дешевых Ю.И., Гилетич А.Н., Вогман Л.П., Зуйков В.А., Нестругин А.Н., Пшеничников А.М. Требования пожарной безопасности при обращении пиротехнической продукции. Обзорно-аналитический материал. 2010. 19 с.
5. Марич В.М., Ревуцький А.В., Гук Р.І. Забезпечення безпеки у виробництвах, де використовується магній та його сплави. Пожежна та техногенна безпека. Теорія, практика, інновації. Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., Львів, 20–21 жовтня 2016 р. Львів: ЛДУ БЖД, 2016. С. 316–318.
6. Kovalyshyn V.V., Marych V.M., Novitskyi Y.M., Gusar V.M., Chernetskiy V.V., Mirus O.L. Improvement of a discharge nozzle damping attachment to suppress fires of class D. *Eastern-European Journal of Enterprise Technogies*. 2018. vol. 5. № 5 (95). P. 68–76.
7. Dibrova O.S., Kyrychenko O.V. Fire hazard pyrotechnic products. Матеріали ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Надзвичайні ситуації: безпека та захист», 24 – 25.10.2019, Черкаси. С. 225–226.
8. Кириченко О.В., Акіньшин В.Д., Ващенко В.А., Цибулін В.В. Термодинамічні методи прогнозування пожежонебезпечних властивостей високометалізованих піротехнічних нітратно-металічних сумішей в умовах зовнішніх термовпливів. *Проблеми пожежної безпеки*. Харків: НУГУ, 2011. № 30. С. 104–106.
9. Кириченко О.В. Залежність вмісту неокисленого алюмінію в продуктах згорання піротехнічних нітратно-алюмінієвих сумішей від співвідношення компонентів та зовнішнього тиску. *Науковий вісник УкрНДПБ*. 2011. № 1(23). С. 60–68.



## АКТИВНИЙ ТИСК ТА ПАСИВНИЙ ОПІР ҐРУНТУ ЗАСИПКИ ПІДПІРНИХ СПОРУД У ЗАГАЛЬНОМУ ВИПАДКУ ЇЇ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ

*Клименко Є.В., д.т.н., професор,*

*Карпюк І.А., к.т.н., доцент,*

*Карп'юк В.М., д.т.н., професор,*

*Карп'юк Ф.Р., к.т.н., доцент,*

*Постернак О.О., к.т.н., доцент*

*Одеська державна академія будівництва та архітектури*

З метою попередження надзвичайних ситуацій авторами запропонований інженерно – статистичний метод визначення активного тиску та пасивного опору ґрунту засипки масивних підірних стінок. Він поєднує існуючі аналітичні методи взаємодії ґрунтового середовища з підірними спорудами з крутою задньою гранню при безперервному та розривному напруженому стані засипки, а також у підірних стінках з пологою задньою гранню з урахуванням сейсмічних впливів. Зазначені методи базуються на теорії граничного напруженого стану ґрунтового середовища, яка являється за оцінками фахівців найбільш загальною і строгою. Отримані результати чисельного експерименту щодо визначення безрозмірних коефіцієнтів активного тиску ґрунту і навантаження, а також пасивного опору ґрунту засипки та навантаження на його поверхні у вигляді відповідних експериментально – статистичних залежностей та графіків. За допомогою отриманих залежностей і графіків зроблена комплексна оцінка впливу на дослідні вихідні параметри наступних найбільш значущих факторів: – кута найбільш несприятливого відхилення від вертикалі рівнодіючої ваги сповзаючого ґрунтового клина і навантаження на його поверхні (сейсмічного кута Г.М. Ломізе  $\omega$ , фактор  $X_1$ );  $\varphi$  – кута внутрішнього тертя ґрунту ( $X_2$ ),  $\alpha$  – кута нахилу задньої грані стінки до вертикальної площини ( $X_3$ ),  $\beta$  – кута нахилу поверхні засипки до горизонтальної площини ( $X_4$ ),  $\delta$  – кута відхилення рівнодіючого активного тиску (пасивного опору) ґрунту від нормалі до задньої грані стінки (кута тертя ґрунту засипки по ній,  $X_5$ ). Визначено раціональну область зміни дослідних факторів при проектуванні нових або реконструкції існуючих підірних споруд з метою мінімізації активного тиску на них та збільшення пасивного опору ґрунту засипки.

Підірні стіни є одними з найдавніших споруд, включаючи одне з семи чудес світу - Висячі сади Семіраміди, древні міста - Карфаген і Рим. Сучасні шедеври архітектури також не можуть обійтися без зведення різних підірних споруд. Допущені помилки у процесі їх проектування та будівництва обертаються відомими великими техногенними катастрофами.

У процесі реконструкції та нового будівництва в стиснених умовах існуючої міської забудови є потреба в улаштуванні ефективної огорожі котлованів для забезпечення збереження існуючих пам'яток історичної та культурної спадщини, житлових та громадських будівель. При цьому, помилки при проектуванні та влаштуванні такого огородження можуть призвести до непоправних втрат та наслідків. Пов'язані вони, як правило, з неточним визначенням активного бічного тиску та пасивного опору ґрунту засипки різних підірних споруд. Для вирішення поставлених завдань найбільше застосування в існуючій практиці проектування знайшли методи їх визначення:

А) Удосконалений спосіб Кулона. У ньому передбачені плоскі поверхні ковзання і для розрахунку причальних споруд розглядається як основний.

Б) Класичний метод Кулона. Площини ковзання у цьому методі прийняті також плоскими. При цьому, при визначенні положення площини ковзання в деяких випадках, наприклад, за наявності складного поверхневого навантаження на засипці, необхідно



приймати ряд додаткових припущень. Цей метод, зазвичай, використовується в тому випадку, коли інші методи є недоступними.

В) Методи, що спираються на теорію граничного напруженого етапу ґрунтового середовища. Останнім часом інженерні розробки, що базуються на цій теорії, набули суттєвого розвитку і широко використовуються при проектуванні зазначених споруд. Дослідження показують, що точність інженерних розрахунків у сейсмічних умовах можна суттєво підвищити при використанні теорії граничного напруженого стану ґрунтового середовища. Проте, використання строгих методів цієї теорії при визначенні сейсмічного активного (пасивного) тиску ґрунту є досить складним через громіздкість чисельних або графічних методів інтегрування диференціальних рівнянь, а також відсутність прикладних методик розрахунку стін, що розглядаються. Ураховуючи те, що в інженерних задачах торії сипучого середовища прийнято користуватися методами, які містять результати розрахунку в замкнутій формі, для вирішення поставлених завдань застосована технічна теорія граничного напруженого стану ґрунтового середовища. Порівняно зі строгою теорією в технічній теорії додатково вводиться лише одне припущення: обрис зон з різним напруженим станом визначається без урахування об'ємних сил. С.С. Голушкевич та В.С. Христофоров раніше довели, що ухвалення цього припущення при створенні інженерних методів розрахунку є не лише припустимим, а й доцільним.

Аналіз публікацій з обраної теми дозволяє констатувати, що досліджень з вивчення причин відмов існуючих та новопроектованих підпірних споруд, а також конкретних пропозицій щодо ефективної їх реконструкції та посилення в існуючій технічній літературі недостатньо.

Істотний вплив на активний тиск на підпірну споруду і пасивний опір ґрунту засипки за його задньою гранню надають: наявність або відсутність сейсмічних впливів, міцнісні властивості та щільність примикаючого до стінки ґрунту, геометричні розміри і положення в просторі її задньої грані, кут нахилу поверхні засипки і величина навантаження на ній, гнучкість самої стінки та ін.

Запропонований інженерно-статистичний метод дозволяє об'єднати існуючі методи розрахунку масивних підпірних споруд з крутою задньою гранню при безперервному та розривному напруженому стані ґрунтового середовища, а також стінок із половою задньою гранню за існуючою класифікацією. Верифікація запропонованого способу розрахунку здійснена шляхом перевірочних скінчево-елементних розрахунків в апробованих ПК «ГЕО5» і «Ліра - САПР», яка показала добру збіжність отриманих результатів. Запропоновані експериментально-статистичні залежності дозволяють оцінити вплив найбільш значущих чинників на безрозмірні коефіцієнти активного тиску  $\xi_{akt,\gamma}$ ,  $\xi_{akt,q}$ , і пасивного опору ґрунту  $\xi_{pas,\gamma}$ ,  $\xi_{pas,q}$  як зокрема, так і у взаємодії один з одним.

Ураховуючи викладене вище, а також технологічні фактори будівництва та необхідність облаштування на поверхні засипки доріг, складських майданчиків та кранового обладнання, показана можливість та доцільність зведення підпірних споруд, в т.ч. гідротехнічних, з вертикальною шорсткою задньою гранню, горизонтальною поверхнею засипки із щільних і досить міцних ( $\varphi=30-40^\circ$ ) ґрунтів, що дозволяє одночасно мінімізувати активний тиск на них та підвищити пасивний опір ґрунту, в т.ч. від навали суден, що швартуються.



## МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО СТАНУ ВОГНЕЗАХИЩЕНОГО ЗАЛІЗОБЕТОННОГО ПЕРЕКРИТТЯ

*Ковальов А.І.<sup>1</sup>, к.т.н., с.н.с.,  
Сур'янінов М.Г.<sup>2</sup>, д.т.н., професор,  
Отрош Ю.А.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,  
Тараненко І.С.<sup>1</sup>,  
Краєвський В.В.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,  
<sup>2</sup>Одеська державна академія будівництва та архітектури,  
<sup>3</sup>Компанія J.F. Atornn Srl., Італія

Визначення меж вогнестійкості будівельних конструкцій, як з вогнезахистом так і без нього, можна проводити як розрахунковими методами (спрощений метод, уточнений метод, визначення вогнестійкості за допомогою табличних даних), так і на підставі експериментальних випробувань на вогнестійкість. Розвиток методів розрахунку вогнестійкості конструкцій, особливо в частині розв'язання теплотехнічної задачі, стало можливим завдяки використанню сучасного комп'ютерного обладнання.

Теплотехнічна частина полягає в розрахунку полів температур у перерізі конструкції, що змінюються в часі при тепловому впливі пожежі.

Мета роботи вирішувалась шляхом розробки скінченно-елементної моделі вогнезахисного залізобетонного перекриття в програмному комплексі ЛІРА-САПР. За допомогою розробленої моделі було проведено теплотехнічний розрахунок вогнезахисної залізобетонної багатопустотної плити перекриття. Теплотехнічний розрахунок полягав у розв'язанні задачі нестационарної теплопровідності і зводився до визначення температури бетону залізобетонного перекриття у будь-якій точці поперечного перерізу в заданий час. Алгоритм розрахунку являв собою систему рівнянь визначення температури у кожному вузлі координатної сітки, що накладалася на переріз [1].

Випробування проводилися в умовах стандартного температурного режиму пожежі, суть якого полягав у визначенні часу від початку дії на конструкцію температурного режиму пожежі до настання граничного стану по втраті її теплоізолювальної або несучої здатності. Отримані в результаті виконання роботи результати можуть використовуватись при оцінюванні вогнестійкості вогнезахисних залізобетонних конструкцій різних типів та конфігурації. При цьому застосовано алгоритм, що включає експериментальні та розрахункові процедури [2]. Експериментальні процедури передбачають дослідження нестационарного прогріву вогнезахисних залізобетонних конструкцій в умовах вогневого впливу за заданими режимами пожежі. Розрахункові процедури передбачають побудову математичної, фізичної, геометричної, комп'ютерної моделей процесів, що відбуваються у досліджуваній вогнезахисній залізобетонній конструкції, ідентифікацію теплофізичних характеристик вогнезахисного покриття та визначення товщини вогнезахисного покриття. Отримані результати можуть пояснюватись правильністю розробки скінченно-елементної моделі вогнезахисного залізобетонного перекриття, задаванням початкових та граничних умов, адекватністю математичної та фізичної моделі, задовільною збіжністю експериментальних та розрахункових температур. Особливістю розробленої скінченно-елементної моделі є можливість теплотехнічного та в подальшому статичного розрахунку вогнезахисних залізобетонних конструкцій з урахуванням характеристик матеріалів, з яких складається конструкція [3]. Модель дозволяє досліджувати фізичні процеси, що відбуваються в вогнезахисних залізобетонних конструкціях. При цьому, за допомогою розробленої моделі можливо враховувати різні чинники, що впли-



вають на вогнезахищені залізобетонні конструкції: температурні режими пожежі, теплофізичні характеристики залізобетонних конструкцій та покриттів для вогнезахисту залізобетонних конструкцій. Як недолік слід відмітити, що розрахунку піддається окремо взята конструкція або конструктивний елемент без урахування зв'язку з іншими конструкціями, тобто не враховується сумісна робота конструкцій будівлі чи споруди. В перспективі планується усунення цього недоліку шляхом розробки скінченно-елементної моделі конструктивної схеми будівлі з використанням вогнезахищених будівельних конструкцій із науково обґрунтованими параметрами. Розвиток даного дослідження може полягати у розробці універсального методу, який би враховував можливість оцінювання вогнестійкості при сумісній роботі як сталевих, так і залізобетонних вогнезахищених конструкцій [4]. При цьому можливо зіткнутися з труднощами математичного характеру щодо задавання початкових, граничних умов, теплофізичних та інших характеристик матеріалів конструкції, які є залежними від температури, а не постійними значеннями. Фізична модель нестационарного прогріву вогнезахищених залізобетонних конструкцій при їх сумісній роботі в конструктивній схемі будівлі також має перевірятися шляхом проведення експерименту. Проте, це накладає деякі обмеження в частині проведення таких випробувань внаслідок відсутності великогабаритних вогневих печей.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Kovalov A., Otrosh Y., Semkiv O., Konoval V., Chernenko O. Influence of the fire temperature regime on the fire-retardant ability of reinforced-concrete floors coating. *In Materials Science Forum*. 2020. Vol. 1006. P. 87–92. Trans Tech Publications Ltd.
2. Kovalov A., Otrosh Y., Kovalevska T., Safronov S. Methodology for assessment of the fire-resistant quality of reinforced-concrete floors protected by fire-retardant coatings. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2019. 708. 012058. DOI:10.1088/1757-899X/708/1/012058.
3. Kovalov A., Otrosh Y., Surianinov M., Kovalevska T. Experimental and computer researches of ferroconcrete floor slabs at high-temperature influences. *In Materials Science Forum*. 2019. Vol. 968. P. 361–367. Trans Tech Publications Ltd.
4. Sadkovyi V., Andronov V., Semkiv O., Kovalov A., Rybka E., Otrosh Y., Udianskyi M., Koloskov V., Danilin A., Kovalov P. Fire resistance of reinforced concrete and steel structures: monograph. Kharkiv: PC TECHNOLOGY CENTER, 2021. 180 p.



## ЗНАЧЕННЯ СИСТЕМИ ЗБОРУ ТА УПРАВЛІННЯ ФІЛЬТРАТОМ

*Крушельницький Д.А.<sup>1</sup>,  
Рашкевич Н.В.<sup>1</sup>, PhD,  
V. Ivanov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,  
<sup>2</sup>Коледж порятунку Естонської академії безпеки, Естонія

Полігони твердих побутових відходів (ТПВ), окрім екологічної, становлять техногенну небезпеку. Небезпека для навколишнього природного середовища, цивільних осіб, фахівців підрозділів Держаної служби України з надзвичайних ситуацій пов'язана з виникненням та поширенням небезпечних подій, надзвичайних ситуацій [1]. Звалищний газ (біогаз), фільтрат є основними джерелами небезпеки [2, 3]. В рамках вирішення ряду природоохоронних проблем на полігонах ТПВ передбачено розміщення системи збору та утилізації біогазу, системи збору та управління фільтратом.

Біологічне розкладання органічних відходів відбувається із виділенням рідини. Також, полігон зазнає впливу атмосферних опадів, які можуть проникнути в товщу відходів. Вся рідина під дією гравітації проходить крізь шар відходів та насичується небезпечними речовинами, утворюючи фільтрат (фільтраційні води). Фільтрат, може містити як розчинені хімічні речовини, такі як хлориди, натрій, залізо, алюміній, зважені речовини, так і хімічні речовини, що осаджуються, частинки відходів та колонії бактерій.

Полігон ТПВ не можна розглядати як водонепроникний. Фільтрат переміщається в розташовані нижче горизонти та в сторони від полігону залежно від топографії та природи ґрунту. Вода вибирає шлях з найменшим опором та формує потік з переважним напрямком.

Зовнішніми факторами формування водного балансу полігону є: атмосферні опади (їх вид та кількість), які формуються залежно від атмосферного тиску, температури та вологості повітря, а також вітрового режиму та рельєфу місцевості розташування полігону; поверхневий стік (як із нагірної території, так і з поверхні полігону); процеси снігонакопичення та сніготанення; випаровування води та снігу з поверхні полігону; транспірація рослинністю у вегетаційні періоди; маса та тимчасовий режим (інтенсивність) завезення відходів для поховання, їх морфологія та фізико-хімічні властивості, вихідна вологість та щільність відходів [4].

Внутрішніми факторами, що формують водний баланс полігону, є: потрапляння води в робоче тіло полігону, що міститься в відходах; втрати або виділення води під час біодеструкції відходів; винесення води з фільтратом, що видаляється за межі робочого тіла; винесення води з біогазом. А також: геометричні розміри полігону (площа та висота полігону, внутрішній ухил укосу); тип проміжних та остаточного покриттів (вид ґрунту, наявність та вид рослинного покриву); коефіцієнт фільтрації та товщина основи; кількість відходів, розміщених на полігоні; густина похованих відходів [4].

Основні проблеми, що пов'язані з фільтратом, полягають у міграції та забрудненні поверхневих та підземних вод, а також перешкоді для збору біогазу через накопичення фільтрату в газозбірних свердловинах. Проблема контролю фільтрату вирішується на початковій стадії вибору місця будівництва полігону, а також відповідним проектуванням, будівництвом та експлуатацією. Система збору та управління фільтрату призначена для збору, дренажу, накопичення та очищення фільтрату на полігоні або за його межами.

На полігонах, де атмосферні опади є основним джерелом формування фільтрату, управління зливовими водами має вирішальне значення мінімізації його утворення. Чим краще керування зливовими водами, тим ефективніше керування фільтратом.

Система видалення фільтрату зазвичай включає дренажний шар, споруджений над нижнім протифільтраційним екраном. Дренажний шар забезпечує накопичення та переміщення фільтрату. Як правило, в дренажному шарі встановлюється мережа труб для транспортування фільтрату в пункт збору. Дно полігону повинне мати нахил для забезпечення руху фільтрату до дренажних труб. Якщо використовується активна система збору біогазу, суміщена з вентиляційними свердловинами, які також використовуються для дренажу фільтрату, необхідно пам'ятати про мінімізацію інтрузії повітря в масу відходів.

Рециркуляція фільтрату може використовуватися як основна стратегія управління. Фільтрат збирають та направляють через товщу відходів, використовуючи поверхневі або заглиблені методи. Рециркуляція збільшує вміст вологи в товщі відходів, що підвищує швидкість генерації біогазу. Вологість відходів є одним із факторів метаногенерації [5]. Однак слід пам'ятати, що надлишки вологи можуть призвести до втрати стійкості схилів.

Система збору та управління фільтратом важлива для безпечної експлуатації полігону ТПВ. Накопичення фільтрату може привести до зсувів та порушенню роботи системи збору біогазу.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Рашкевич Н.В., Колосков В.Ю. Техногенна небезпека полігонів твердих побутових відходів з технологічним устаткуванням. Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту», 15–16 квітня 2020 р., м. Харків: НУЦЗ України. С. 8.
2. Рашкевич Н.В., Цитлішвілі К.О. Дослідження небезпеки продуктів розкладання в місцях депонування твердих побутових відходів. *Вісник КрНУ ім. Михайла Остроградського*. Вип. №3/2018(110). С. 97–102. DOI: 10.30929/1995-0519.2018.3.97-102.
3. Rashkevich N. Assessment of filtration waters spreading on the surface of waterbodies. *Environmental Problems*. Vol. 3. № 4. 2018. P. 241–244.
4. Вайсман Я.И., Чудинов С.Ю., Кравченко Д.С. Управление водным балансом полигона ТБО на примере полигона в г. Краснокамске. *Вестник ПНИПУ. Урбанистика*. 2012. № 1. С. 43–57.
5. Рашкевич Н.В., Черепньов І.А. Дослідження умов метаногенерації на полігоні твердих побутових відходів. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технологічний прогрес в АПК. Інноваційні розробки в аграрній сфері». Том 2. 4 квітня 2019 р. Харків: ХНТУСГ, 2019. С. 253–254.



## ОЦІНКА РОЗМІРУ ГАЗОПОВІТРЯНОЇ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНОЇ ЗОНИ НАВКОЛО ЗОВНІШНЬОЇ УСТАНОВКИ

*Кулаков О.В., к.т.н., доцент*

*Національний університет цивільного захисту України*

Значна кількість технологічних процесів виробництв супроводжується обертанням вибухонебезпечних речовин, зокрема горючих газів (ГГ). Внаслідок цього утворюються вибухонебезпечні зони (ВНЗ) – простір у приміщенні або навколо зовнішньої установки, в якому присутнє вибухонебезпечне середовище (ВС) або воно може утворюватися внаслідок природних чи виробничих чинників у такій кількості, яка вимагає спеціальних заходів у конструкції електрообладнання під час його монтажу та експлуатації [1]. Можуть утворюватися ВНЗ трьох класів: 0 (простір, у якому ВС присутнє постійно або протягом тривалого часу; може мати місце тільки в межах корпусів технологічного обладнання), 1 (простір, у якому ВС може утворитися під час нормальної роботи), 2 (простір, у якому ВС за нормальних умов експлуатації відсутнє, а якщо воно виникає, то рідко і триває недовго). Навколо зовнішніх установок (ЗУ) розмір ВНЗ визначається фіксованою відстанню.

Розміри ВНЗ навколо ЗУ можливо визначити й розрахунком, наприклад, з використанням стандарту EN 60079-10-1. Вихідними параметрами є: кліматичні умови, властивості ГГ, ступінь витoku, інтенсивність витoku та рівень вентиляції.

Ступінь витoku ГГ буває безперервною, 1-го або 1-го ступеня; залежно від ступеня витoku вводиться коефіцієнт безпеки по відношенню до нижньої концентраційної межі поширення полум'я (НКМПП) (для витokів безперервного та першого ступенів  $k = 0,25$ , другого ступеня –  $k = 0,5$ ).

Для ГГ, що витікає назовні з граничною швидкістю (зі швидкістю, рівною швидкості звуку для даного ГГ), інтенсивність витoku  $(\frac{dG}{dt})_{\max}$  визначається за формулою:

$$\left(\frac{dG}{dt}\right)_{\max} = C_d \cdot S \cdot P \cdot \sqrt{\gamma \cdot \frac{M}{R \cdot T} \cdot \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}}}, \text{ кг/с}, \quad (1)$$

де  $C_d \leq 1$  – коефіцієнт витoku;  $S$  – площа поперечного перерізу отвору, через який відбувається виток,  $\text{м}^2$ ;  $P$  – тиск всередині системи, Па;  $M$  – молярна маса газу,  $\text{кг/кмоль}$ ;

$R = 8,3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кмоль} \cdot \text{К}}$  – універсальна газова константа;  $T$  – абсолютна температура всередині системи, К;  $\gamma = \frac{M \cdot C_p}{M \cdot C_p - R}$  – відношення питомих теплоємностей (показник

політропи адіабатичного розширення);  $C_p$  – питома теплоємність при постійному тиску,  $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ .

Для ГГ, що витікає назовні з дограничною швидкістю (зі швидкістю нижче швидкості звуку для даного ГГ), інтенсивність витoku визначається за формулою:

$$\left(\frac{dG}{dt}\right)_{\max} = C_d \cdot S \cdot P \cdot \sqrt{\frac{M}{R \cdot T} \cdot \frac{2 \cdot \gamma}{\gamma - 1} \cdot \left[1 - \left(\frac{P_0}{P}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right] \cdot \left(\frac{P_0}{P}\right)^{\frac{1}{\gamma}}}, \text{ кг/с}, \quad (2)$$

де  $P_0$  – тиск зовні резервуару, Па;

Рівень вентиляції буває високий (забезпечує миттєве зниження концентрації ГГ до рівня нижче НКМПП), середній (концентрація небезпечної рідини за межами ВНЗ під час витоку, є меншою НКМПП), низькій (не дозволяє швидко усунути ВС після усунення витоку). На відкритому просторі необхідно враховувати можливість зміни напрямку вітру та відносну щільність ГГ.

Розраховується мінімальна об'ємна витрата свіжого повітря за формулою:

$$\left(\frac{dV}{dt}\right)_{\min} = \frac{\left(\frac{dG}{dt}\right)_{\max}}{k \cdot C_H^0} \cdot \frac{T}{293}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (3)$$

де  $T$  – температура навколишнього середовища, К;  $C_H^0$  – НКМПП, кг/м<sup>3</sup>, та гіпотетичний об'єм ВГС за формулою:

$$V_z = \frac{\left(\frac{dV}{dt}\right)_{\min}}{C}, \text{ м}^3, \quad (4)$$

де  $C$  – кратність повітрообміну; для ЗУ вважається, що на відкритому просторі забезпечується  $C \geq 100 \frac{1}{\text{год}}$ .

Для першого та другого ступенів витоку визначають час існування ВГС:

$$t = -\frac{1}{C} \cdot \ln \frac{C_H^0 \cdot k}{X_0}, \text{ годин}, \quad (5)$$

де  $X_0$  – початкова концентрація ГГ, одинця виміру співпадає з  $C_H^0$ . В безпосередній близькості до джерела витоку  $X_0=100\%$ .

Розмір газоповітряної ВНЗ визначається величиною гіпотетичного об'єму ВС  $V_z$  у співвідношенні до загального об'єму  $V_0$ , що вентилюється (продувається повітрям). Для ЗУ  $V_0$  приймається рівним 3400 м<sup>3</sup>. Якщо розрахований гіпотетичний об'єм ВС  $V_z$  є незначним (менший 0,1 м<sup>3</sup>), то рівень вентиляції вважається високим; якщо  $V_z$  менший або дорівнює  $V_0$  – середнім; якщо  $V_z$  перевищує  $V_0$  – низьким.

## ЛІТЕРАТУРА

1. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. Київ, 2001. 117 с. (Нормативно-правовий акт з охорони праці).



## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПОВЗУЧІСТІ КОНСТРУКЦІЙНИХ СПЛАВІВ ПРИ ГЛУБОКОМУ ОХОЛОДЖЕННІ

*Медвідь І.І.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,*

*Мурашко О.В.<sup>2</sup>, д.т.н., доцент*

<sup>1</sup>*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля,*

<sup>2</sup>*Одеська державна академія будівництва та архітектури*

Металургія, машинобудування, енергетика, сільське господарство, харчова промисловість, енергетика, електроніка, ракетно-космічна техніка – ось далеко неповний перелік областей народного господарства, в яких широко використовуються рідкі криогенні продукти (криопродукти). Обсяги виробництва таких продуктів та масштаби їх використання безперервно зростають. Це пов'язано з тим, що криогенні температури (нижче 120 К) забезпечують унікальні можливості реалізації таких фізичних явищ і процесів, які в нормальних умовах не виявляються, але використовуються в науці та техніці дуже ефективно. Вирішення фундаментальних наукових проблем та прикладних завдань, що мають як перспективне, так і поточне значення, визначається рівнем розвитку криогенної техніки та ступенем її практичного застосування.

Для виготовлення оболонкових криогенних конструкцій використовуються дорогі кольорові сплави та спеціальні сталі, ступінь витрати яких з урахуванням достатньої матеріаломісткості таких конструкцій та масштабів їх виробництва, що розширюються, постійно збільшується. Тому однією з найбільш актуальних для криогенного машинобудування нині є проблема зниження матеріаломісткості оболонкових конструкцій та збільшення їх надійності та довговічності. Очевидно, що вирішення такої проблеми для виробів криогенної техніки можна досягти шляхом удосконалення методів їх розрахунків на міцність на основі обліку специфічного впливу низької температури на конструкційні сплави.

Мета представленої роботи: експериментальне дослідження напружено-деформованого стану конструкційних сплавів на малоциклову втому та циклічну повзучість в умовах глибокого охолодження.

У цій роботі експериментальні дослідження з виявлення впливу глибокого охолодження на малоциклову втому та циклічну повзучість проводилися на контрастних за своїми циклічними властивостями матеріалах: титановому сплаві ПТЗВ та нержавіючих сталях 03Х20Н16АГ6 та 03Х13АГ19. Навантаження здійснювалося за пульсуючим циклом з частотою  $0,033 \text{ с}^{-1}$  (2 цикл/хв) на повітрі та в середовищах рідких холодоагентів (азоту та гелію) при температурах 293,77 та 4,2 К відповідно. Аналіз отриманих експериментальних даних показав, що з температурі випробування 293 К у діапазоні довговічностей  $0,5 \cdot 10^4$  циклів в усіх досліджених матеріалів має місце спрямоване пластичне деформування (рисунок 1, 2, 3).

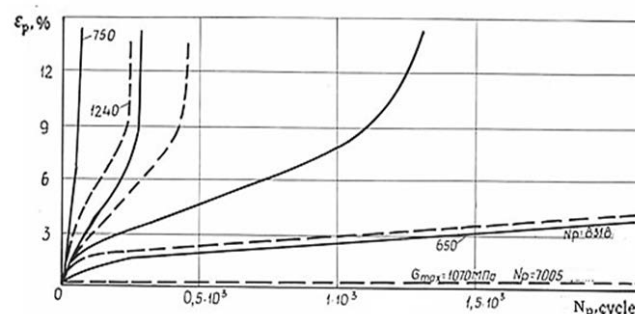


Рис. 1. Криві циклічної повзучості титанового сплаву ПТЗВ: — — 293К; ---- — 77 К.

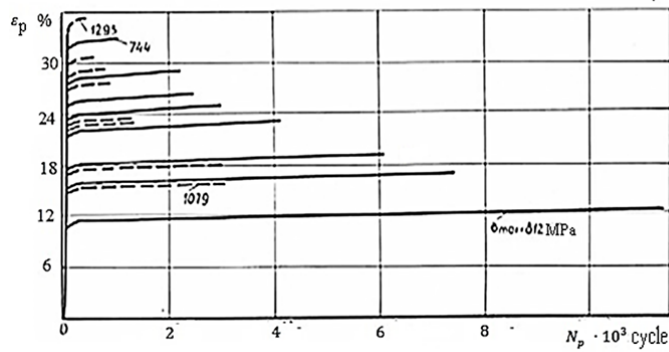


Рис. 2. Криві циклічної повзучості сталі 03X13AG19: — – 293 К; ---- – 77 К.

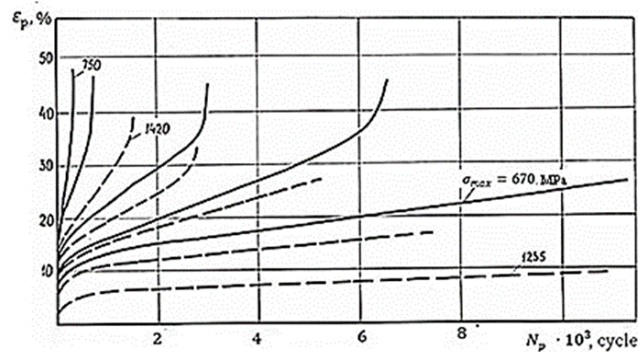


Рис. 3. Криві циклічної повзучості сталі 03X20H16AG6: — – 293 К; ---- – 77 К.

При температурі випробування 293 К у діапазоні довговічностей  $0,5-10^4$  циклів у зразків сталей 03X20H16AG6, 03X13AG19 та сплаву ПТ-ЗВ має місце спрямоване пластичне деформування.

Зниження температури випробування до 77 К не вносить якісних змін у характері деформування та руйнування досліджених матеріалів.

Процес спрямованого пластичного деформування конструктивних сталей при  $T=4,2$  К виявляється повністю пригніченим і руйнування зразків відбувається внаслідок утворення та розвитку до критичної величини тріщини втоми.



## ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЖЕЖОВИБУХОНЕБЕЗПЕКИ ВОДНЕВИХ ЕЛЕКТРОЛІЗНИХ УСТАНОВОК

*Михайлюк О.П., к.х.н, доцент,*

*Роянов О.М., к.т.н.,*

*Михайлюк А.О., к.т.н., с.н.с.*

*Національний університет цивільного захисту України*

У зв'язку із значним збільшенням уваги до збереження клімату та недопущення екологічної катастрофи сьогодні у світі особлива увага приділяється водневій енергетиці та водневій економіці, про що свідчать програми з водневої енергетики на рівні держав. Україна також серед тих країн, що прагнуть здійснити енергетичний перехід до 2050 року.

Основними перевагами використання водню є те, що при згорянні його на одиницю маси виділяється майже в 3,5 рази більше тепла, ніж коли згоряють вуглеводні нафти чи вугілля. При цьому практично відсутні викиди шкідливих речовин, передусім вуглекислого газу.

Поряд з вирішенням екологічних проблем виникає проблема зниження пожежовибухонебезпеки водневих енергетичних установок, так як водень є більш вибухонебезпечним, ніж інші гази, а збільшення потужності електролізних установок обумовлює підвищення ризику аварій з пожежами та вибухами.

До основних способів отримання водню відносяться: парова конверсія метану; газифікація вугілля або нафтових відкладень; електроліз води. Незважаючи на те, що серед вказаних способів парова конверсія метану становить 85 %, найбільш перспективною технологією у майбутньому є електроліз води, про що свідчить аналіз публікаційної активності в області водневих технологій за останні 20 років.

Основними апаратами для отримання водню і кисню методом електролізу води є електролізери, які мають наступні переваги водневого виробництва: чистота водню (99,6–99,9 %); дешева сировина; екологічно чисте виробництво; простота експлуатації обладнання; тривалий термін експлуатації обладнання.

Поряд з цим процес отримання водню методом електролізу є пожежовибухонебезпечним. Суміш водню з киснем при підвищенні температури вибухає, температура полум'я при горінні водню може досягати понад 2500 °С. Також робота електролізера характеризується високою температурою, агресивним електролітом, в якому розчиняється більшість металів, великою силою струму, значним магнітним полем [1].

Враховуючи, те, що пожежовибухонебезпека будь-якого виробництва обумовлюється не тільки пожежовибухонебезпечними властивостями речовин і матеріалів, а також особливостями здійснення технологічного процесу та експлуатаційними характеристиками основного обладнання, у роботі було проведено порівняльний аналіз пожежовибухонебезпеки найбільш поширених електролізних установок. Для дослідження були обрані стаціонарні електролізні установки типу СЕУ-20 та СЕУ-40, а також сучасна блочна електролізна установка моделі ERREDUE G16, яка має переваги у порівнянні із стаціонарними установками: більш низьку температуру електроліта; нижчі габарити; значно менші енергетичні витрати.

Для кількісної оцінки небезпеки обрано сценарії аварій на електролізних установках, що відображають кількість викиду водню та небезпечні його наслідки: дефлаграційний вибух воднево-повітряної суміші; вогняна куля та пожежа-спалах у відкритому просторі.

Дію ударної хвилі на будівлі, обладнання, конструкції та людей визначали за тро-

тиловим еквівалентом вибуху воднево-повітряної суміші. Розрахунки показали, що для всіх обраних типів електролізних установок розрахований радіус повного руйнування не перевищує розміри установок, що обумовлює зробити висновок про часткову руйнацію обладнання. Але поряд з цим персонал підприємства може отримати важкі травми від впливу вибухової хвилі на відстані 2,8 м у разі вибуху на установці СЕУ-20, на відстані 4,2 м у разі вибуху на установці СЕУ-40, на відстані 2,4 м у разі вибуху на установці ERREDUE G16.

За результатами оцінки впливу теплового випромінювання вогняної кулі було встановлено, що на відстані 5 м від її місця утворення опіки для людини не можливі.

Додатково для оцінки ймовірності руйнування технологічного обладнання, об'єктів вибуховою хвилею були використані пробіт-функції, які характеризують легкі, середні та сильні руйнування (табл. 1). З даних таблиці видно, що ймовірність руйнування будівель і споруд у випадку вибуху воднево-повітряної суміші при аваріях на стаціонарних та блочних електролізних установках не перевищує 13 %, що характеризує легкі руйнування. Поряд з цим слід відмітити, що блочні електролізні установки, які мають достатню продуктивність по водню та менші енергетичні витрати, показали нижчі показники ймовірності руйнування будівель і споруд у порівнянні із стаціонарними електролізними установками.

**Табл. 1. Розрахункові значення ймовірності руйнування будівель і споруд при вибуху водню**

Параметр	Тип електролізної установки			Вид руйнувань
	СЕУ-20	СЕУ-40	ERREDUE G16	
Відстань від епіцентру вибуху, м	10			
Надлишковий тиск вибуху, кПа	21,1	30,4	20,1	Легкі
Пробіт-функція	3,27	3,87	3,13	
Умовна ймовірність руйнування, %	5	13	4	

Таким чином, якщо розглядати перспективу збільшення потужності електролізних установок у зв'язку з впровадженням водневих енергетичних технологій та враховувати пожежовибухонебезпеку водню, перевагу щодо безпеки згідно отриманих результатів досліджень, можна віддати блочним електролізним установкам.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Некоторые особенности пожаровзрывобезопасности при работе с водородом. Монография / С.В. Пузач, О.С. Лебедченко; под ред. С.В. Пузача. М.: Академия ГПС МЧС России, 2017. 70 с.



## ПОВЕДІНКА СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПЛИТИ ПРИ ПОЖЕЖІ

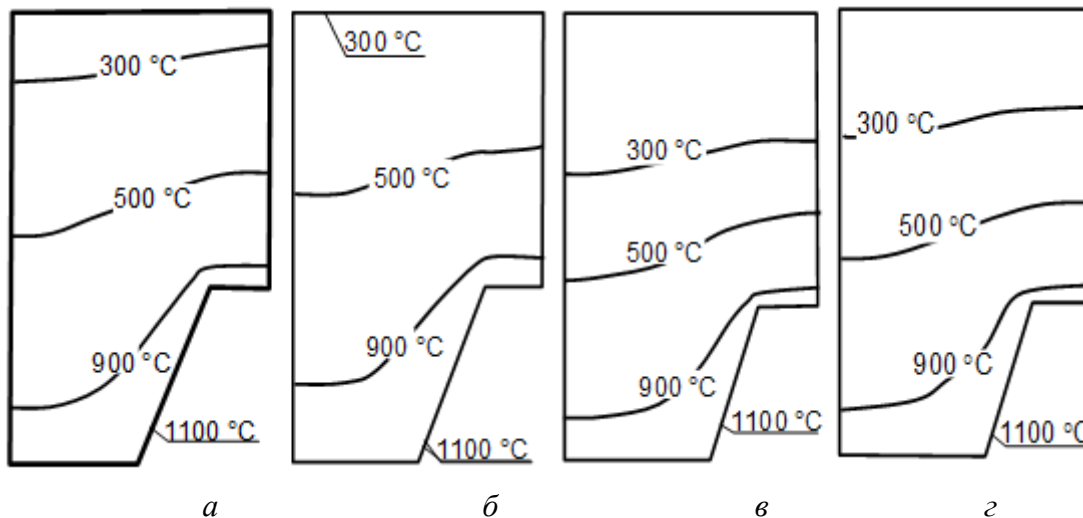
*Некора В.С.<sup>1</sup>,  
Сідней С.О.<sup>1</sup>, к.т.н.,  
Некора О.В.<sup>1</sup>, к.т.н., с.н.с.,  
Шналь Т.М.<sup>2</sup>, д.т.н., доцент*

*Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України,  
Інституту будівництва та інженерії довкілля Національного університету «Львівська  
політехніка»*

За результатами аналізу існуючих сучасних методів щодо проведення розрахунків меж вогнестійкості сталезалізобетонних плит [1] встановлено, що оцінка вогнестійкості вказаних конструкцій за допомогою обчислювальних методів обмежується 120 хв теплового впливу стандартного температурного режиму пожежі [2, 3].

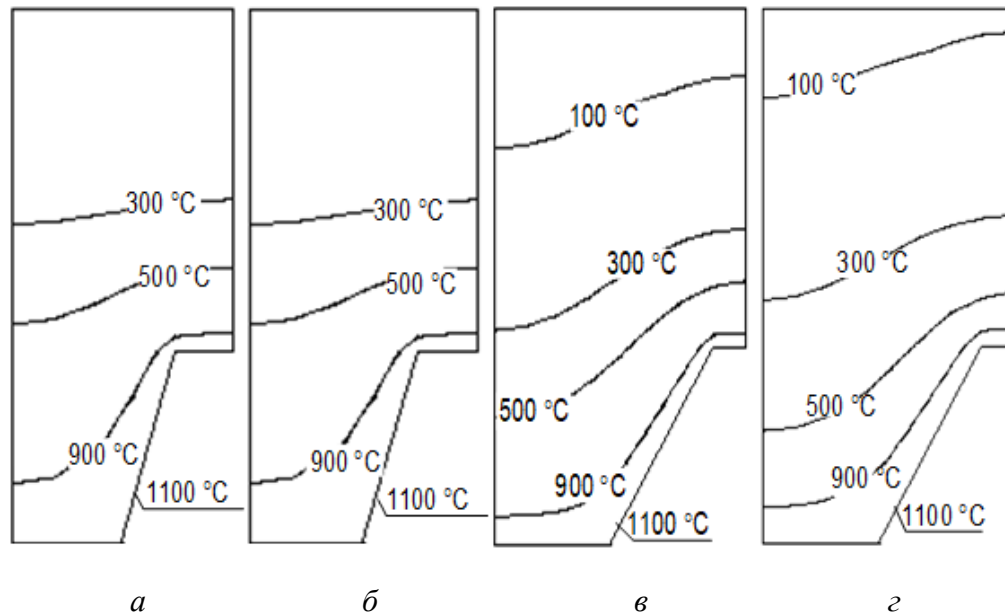
У роботі представлені результати досліджень щодо визначення параметрів нагріву та напружено-деформованого стану сталезалізобетонних плит, виготовлених з використанням профільованих сталевих листів, в умовах теплового впливу стандартного температурного режиму тривалістю більше за 120 хв.

Обчислювальні експерименти проводились для 5-ти типів сталезалізобетонних плит із профільованими сталевими листами. Розподіл температури по досліджуваних типах конструкцій наведені на рис. 1, 2.



**Рис. 1. Температурні розподілення у досліджуваних плитах для часу теплового впливу стандартного температурного режиму пожежі у сталезалізобетонних плитах (СЗБ): а – СЗБ № 1 150 хв; б – СЗБ № 1 180 хв; в – СЗБ № 2 150 хв; з – СЗБ № 2 180 хв.**

Температурний розподіл у перерізі конструкцій отримано за допомогою загального теоретичного підходу до розв'язку задачі теплопровідності з використанням методу скінчених елементів [4, 5]. Використовуючи отримані температурні розподілення, було визначено параметри напружено-деформованого стану на основі методу граничних станів [6, 7].



**Рис. 2.** Температурні розподілення у досліджуваних плитах для часу теплового впливу стандартного температурного режиму пожежі у сталезалізобетонних плитах (СЗБ): *а* – СЗБ № 3 150 хв; *б* – СЗБ № 3 180 хв; *в* – СЗБ № 4 150 хв; *г* – СЗБ № 4 180 хв.

Результати даного дослідження надають можливість отримати показники температурного розподілу для проведення оцінки з вогнестійкості таких конструкцій за класами вогнестійкості понад REI 120. Відповідно, отримані результати є науковим підґрунтям для удосконалення існуючого методу розрахункової оцінки вогнестійкості сталезалізобетонних плит, виготовлених з використанням профільованих сталевих листів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. S. Dzidic. Fire resistance of reinforced concrete slabs according to EC2 and BRANZ TR8TY. Conference: 13th Scientific Conference with International Participation «Contemporary Theory and Practice in Construction». Banja Luka, Bosnia and Herzegovina. 25.05. 2018. Volume: Book of Proceedings, ISSN 2566-4484.
2. EN 1994-1-2 (2005) (English): Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures – Part 1-2: General rules - Structural fire design [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC].
3. Roitman V.M. Engineering solutions for assessing the fire resistance of projected and reconstructed buildings. M.: Fire safety and science, 2001. 382 p.
4. I. Dmitriev, V. Lyulikov, O. Bazhenova. Calculation of fire resistance of building structures in software packages. January 2019 E3S Web of Conferences 91(1):02007.
5. Shivam Sharma, Varun Teja Vaddamani, Anil Agarwal. Insulation effect of the concrete slab-steel deck interface in fire conditions and its influence on the structural fire behavior of composite floor systems. *Fire Safety Journal*. Vol. 105. April 2019. P. 79–91,
6. R.P. Johnson, Y.C. Wang. Composite Structures of Steel and Concrete: Beams, Slabs, Columns and Frames for Buildings. 2019. 265 с.
7. Сталезалізобетон: надійність, технічні стани, ризики: монографія / О. П. Воскобійник. Донецьк : Донбас, 2014. 394 с.



## СТАН ІЗ НАДЗВИЧАЙНИМИ СИТУАЦІЯМИ ТА НАСЛІДКАМИ ВІД НИХ В УКРАЇНІ ЗА 2021 РІК

*Несенюк Л.П.,  
Луценко Ю.В., к.т.н.,  
Одинець А.В.*

*Інст ит ут держ авного управління т а наукових досліджень з цивільного захисту*

Облік надзвичайних ситуацій (далі – НС) ведеться з метою отримання об’єктивних даних для оцінки стану техногенної і природної безпеки на території держави, її регіонів, населених пунктів та на об’єктах, проведення аналізу причин та умов виникнення надзвичайних ситуацій, їх прогнозування, розроблення запобіжних заходів [1].

Впродовж 2021 року в Україні зареєстровано 124 НС, які розподілились таким чином: техногенного характеру – 53; природного характеру – 65; соціального характеру – 6. За масштабами 3 НС набули державного рівня; 5 НС – регіонального рівня; 53 НС – місцевого рівня та ще 63 – об’єктового рівня [2].

Унаслідок цих НС загинуло 148 осіб (з них 16 дітей) та 545 особи постраждало (з них 323 дитини). Також упродовж звітного року тривав розвиток медико-біологічної НС державного рівня, спричиненої коронавірусом SARS-CoV-2. За інформацією МОЗ України з початку пандемії в Україні зареєстровано 3672675 випадків захворювання людей на коронавірус COVID-19, з них 96089 – летальні (зокрема, у 2021 році зареєстровано 2608196 випадків захворювання людей на коронавірус COVID-19, з яких 77409 – летальні).

На рисунку 1 наведено розподіл НС за регіонами України за 2021 рік.

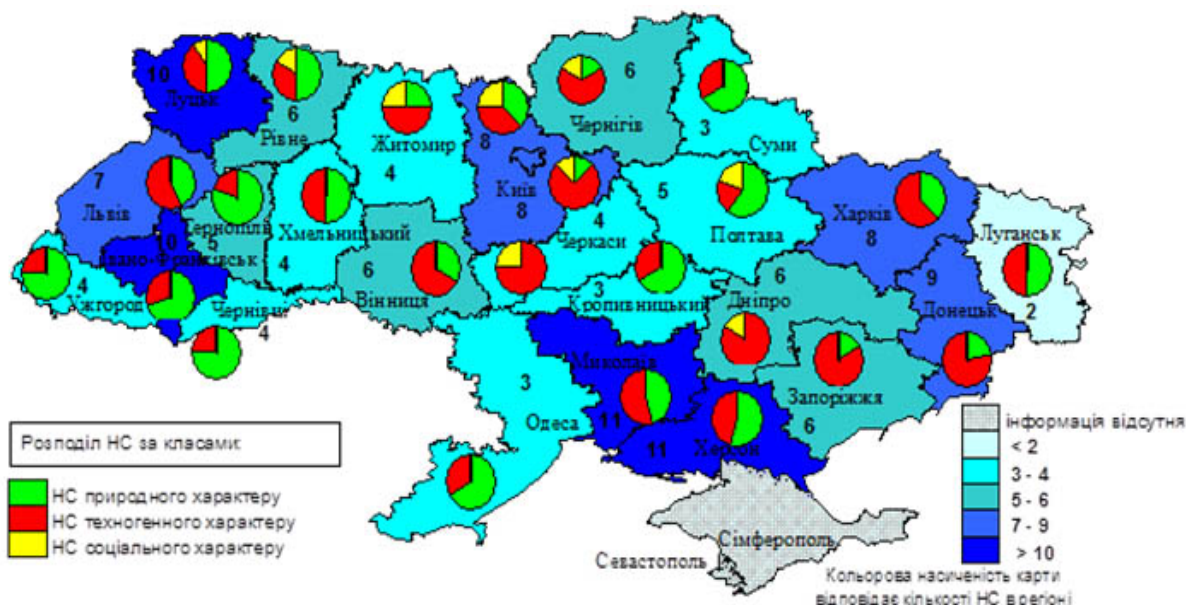


Рис. 1. Розподіл НС за регіонами України за 2021 рік.

У регіональному розрізі найбільшу кількість НС зареєстровано на території Миколаївської та Херсонської областей (по 11 НС в кожній), а також у Волинській та Івано-Франківській областях (по 10 НС відповідно). Найбільшу кількість загиблих в НС (22 осіб) зареєстровано в Харківській області, переважна більшість (19 осіб) унаслідок в НС,

пов'язаних із пожежами у житлових будинках. Також на території Дніпропетровської області в НС, пов'язаних із пожежами зареєстровано 16 загиблих, з них 14 – у житлових будинках. Найбільшу кількість постраждалих в НС зареєстровано в Івано-Франківській (104 особи) та у Хмельницькій (93 особи) областях, усі внаслідок медико-біологічних НС, пов'язаних із інфекційними захворюваннями, спричиненими порушенням санітарно-гігієнічних норм і правил під час приготування, зберігання та вживання харчових продуктів.

За результатами проведених досліджень встановлено незначне збільшення загальної кількості НС у 2021 році в порівнянні з 2020 роком (на 8 НС або на 7 %), при цьому кількість НС природного характеру збільшилася на 1,6 %, а кількість НС техногенного характеру – на 12,8 %. Одночасно, упродовж 2021 року спостерігалось зменшення кількості загиблих та постраждалих в НС на 12,9 % та 46,9 % відповідно (більшість загиблих припадає на НС техногенного характеру, які сталися унаслідок пожеж (вибухів) та аварій на транспорті; переважна більшість постраждалих зареєстрована в медико-біологічних НС, які сталися унаслідок інфекційних захворювань людей).

Надзвичайними ситуаціями державного рівня з найбільшою кількістю загиблих є НС, що сталися у Харківській та Чернігівській областях.

21 січня сталася пожежа на другому поверсі двоповерхового житлового будинку (який експлуатувався як будинок для літніх людей) по вул. Нижня Гийвська, 150 у м. Харкові. До ліквідації надзвичайної ситуації залучалось 149 чоловік та 32 од. техніки. Внаслідок НС загинуло 16 осіб, 5 осіб госпіталізовано, 12 – врятовано.

7 грудня близько 07 год 55 хв поблизу с. Брусилів Чернігівського району на автошляху Н-27 Чернігів-Грем'яч, внаслідок зіткнення вантажного автомобіля з маршрутним мікроавтобусом сполученням «Борзна-Чернігів», загинуло 13 осіб та 7 осіб травмовано, яких з різними ступенями тяжкості госпіталізовано. До ліквідації наслідків надзвичайної ситуації залучалося 113 чоловік та 45 од. техніки.

Аналіз динаміки і стану природної та техногенної безпеки в Україні протягом останніх десяти років показав поступове зменшення загальної кількості НС, а також спостерігається тенденція до зниження кількості загиблих у НС. Загалом впродовж 2012-2021 років зареєстровано 1476 надзвичайних ситуацій, унаслідок яких 2124 особи загинуло та 9956 осіб постраждало.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 09.10.2013 № 738 «Про затвердження Порядку ведення обліку надзвичайних ситуацій».
2. ДК 019:2010 Класифікатор надзвичайних ситуацій, затверджений Наказом Держспоживстандарту України від 11.10.2010 № 457 «Про затвердження та скасування національних класифікаторів».



## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ ЗБОРУ БІОГАЗУ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ

*Пастухова А.О.<sup>1</sup>,  
Рашкевич Н.В.<sup>1</sup>, PhD,  
Марценюк В.П.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,

<sup>2</sup>Університет Бельсько-Бяли, Польща

У світі з кожним роком зростає інтерес до біогазу, як альтернативного джерела енергії, але при цьому недостатньо уваги приділяється протидії надзвичайним ситуаціям техногенного характеру. Наслідки техногенної небезпеки впливають на життя та здоров'я людей, що працюють або мешкають поруч з об'єктами накопичення побутових відходів (ПВ).

Під час проектування систем збору біогазу потрібно дотримуватись конструктивних вимог, що включає кут нахилу труб для дренажу конденсату, кількість та глибину, спосіб розміщення свердловин (горизонтальний або вертикальний). Діаметр труб повинен враховувати втрати тиску в результаті тертя, а також можливі блокування конденсатом. Труби повинні бути захищені від атмосферного впливу, потрапляння повітря, механічного пошкодження важкою технікою або навіть масою відходів. Теплове розширення може призводити до тріщин і порушення зварних з'єднань [1].

Умови експлуатації об'єктів накопичення ПВ можуть змінюватись, тому існує необхідність у постійному спостереженні та контролі (моніторингу). Процедура моніторингу системи збору включає перевірку параметрів біогазу на оголовках свердловин (об'ємну витрату газу, концентрацію метану, кисню, вуглекислого газу, баластових газів (звичай азоту), температури, тиску) та огляд поверхні масиву відходів (пооява диму, просадки, тріщин, отворів). Вимір оксиду вуглецю (CO) і сірководню (H<sub>2</sub>S) дають уявлення про наявність підземних загорянь і небезпеки корозійного впливу біогазу.

Ефективне функціонування системи збору біогазу передбачає утримання: метану (CH<sub>4</sub>): від 46 до 55 %; кисню (O<sub>2</sub>): від 0 до 0,5 %; азоту (N<sub>2</sub>): від 2 до 14 %; оксиду вуглецю (CO): менше ніж 25 об'ємних частин на мільйон; температуру газу на оголовках свердловини: 52–60 °C [2].

Наукова спільнота здебільшого проводить дослідження з визначення оптимальних умов метаногенерації. Дотримання оптимальних значень факторів утворення максимальної кількості метану [3] може сприяти виникненню техногенної небезпеки.

Пожежі є фактором впливу на безпечний стан експлуатації системи збору. Найбільш поширеними причинами пожеж є збільшення вмісту кисню у масиві відходів внаслідок порушення технологій захоронення (недостатнє ущільнення або шар ізоляції, розміщення надмірної кількості відходів), перевищення об'ємів збору біогазу. Застосування великих обсягів води під час гасіння може призвести до потрапляння порції кисню у товщу відходів та підсилити небезпеку. Дослідження [4] показали, що наростання температури в масиві ПВ залежить від вологості, морфологічного складу, вмісту активного вуглецю, щільності, теплоємності, теплопровідності та температуропровідності відходів. Прогнозування й попередження пожеж на полігонах або звалищах, як фактора зниження стабільності техногенних об'єктів, вкрай ускладнено через різну питому теплоємність відходів. Поки вогонь або дим не вийшли на поверхню, виявити осередок загоряння візуально практично неможливо.

Невирішеною задачею у галузі цивільної безпеки залишається відсутність достовірної методики протидії пожежній небезпеці об'єктів накопичення побутових відходів,

що наближені до населених пунктів. Авторами в роботі [5] представлена математична основа методики протидії пожежній небезпеці місць накопичення побутових відходів, що уявляє собою систему з двох аналітичних залежностей. Перша аналітична залежність (розглядається процес запобігання небезпечній події, пов'язаної з пожежею) описує зв'язок залежності вибухопожежонебезпечної концентрації метану у складі звалищного газу, а друга аналітична залежність (розглядається процес попередження надзвичайної ситуації, пов'язаної з пожежею) описує зв'язок залежності кількості загиблих та постраждалих осіб, як наслідків першого рівня пріоритетності, від вологості, щільності, температури, та наявності у достатній кількості кисню, органічної складової в масиві звалищних ґрунтів (ПВ), висоти та часу розкладання відходів. В роботі [6] запропонована лабораторна установка, що є основою для розробки установки для проведення експериментальних досліджень впливу фізико-хімічних властивостей звалищних ґрунтів на наявність метану у біогазі (звалищному газі) з метою подальшої перевірки достовірності методики протидії пожежній небезпеці об'єктів накопичення побутових відходів.

### ЛІТЕРАТУРА

1. National association of counties. waste energy recovery: renewable energy from county landfills. 2015. URL: [https://www.naco.org/sites/default/files/documents/WasteEnergy\\_FINAL.pdf](https://www.naco.org/sites/default/files/documents/WasteEnergy_FINAL.pdf)
2. International Best Practices Guide for LFGE Projects. Global Methane Initiative. US, Landfill Gas Energy Utilization Technologies. 2012. 140.
3. Рашкевич Н.В., Черепньов І.А. Дослідження умов метаногенерації на полігоні твердих побутових відходів. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технологічний прогрес в АПК. Інноваційні розробки в аграрній сфері». Том 2. 4 квітня 2019 р. Харків: ХНТУСГ, 2019. С. 253–254.
4. Hanson J.L. Yeşiller N., Oettle N.K. Oettle Spatial and Temporal Temperature Distributions in Municipal Solid Waste Landfills. *Journal of Environmental Engineering*. 2010. V. 136. 8. 11.
5. N. Rashkevich, V. Shershnyov, A. Kondratiev, O. Shevchenko. Development of the basis of the method of control of the emergency situation related to fire and explosion safety of landfill. *Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст»*. Х.: ХНАМГ, 2021. Том 6. № (166). С. 156–162.
6. Рашкевич Н.В. Розробка керуючого алгоритму методики попередження надзвичайних ситуацій на полігоні твердих побутових відходів з ліквідаційним енергоємним технологічним устаткуванням. *Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст»*. 2020. Т. 3. № 156 (2020). С. 188–194.
7. Дівізінюк М., Мірненко В., Рашкевич Н., Шевченко О. Розробка лабораторно-експериментальної установки для перевірки достовірності математичної моделі та розробленої на її основі методики попередження надзвичайних ситуацій на полігонах твердих побутових відходів з технологічним ліквідаційним енергоємним устаткуванням. *Social Development and Security*. 2020. V. 10. № 5. С. 15–27.



## РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ СТІНИ ЗА СТАНДАРТНИМ ТЕМПЕРАТУРНИМ РЕЖИМОМ ПОЖЕЖІ

*Перегін А.В.,  
Нуянзін О.М., к.т.н, доцент,  
Борисова А.С., к.т.н.,  
Нуянзін В.М., к.т.н, доцент*

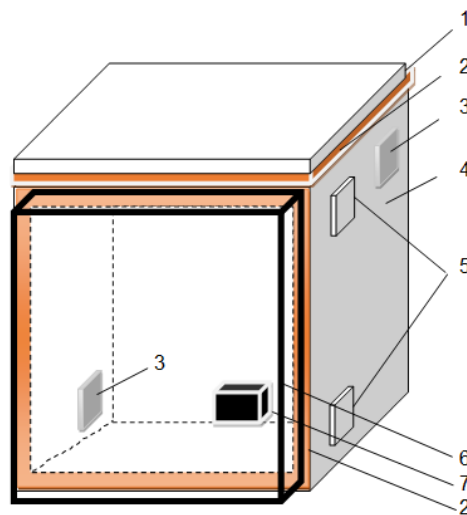
*Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України*

В даній роботі описано результати та методику проведення вогневого випробування щодо експериментально-розрахункової оцінки межі вогнестійкості малогабаритного фрагменту несучої стіни та перевірка відтворюваності експериментальних даних. Перевірено розподіл температур по всій площі вогневої печі, досліджуваного фрагменту та проаналізовано отримані результати.

Для проведення вогневого експерименту було використано прототип компактною вогневої установки [1], яка була створена заздалегідь на базі Навчального комплексу практичної підготовки фахівців Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України.

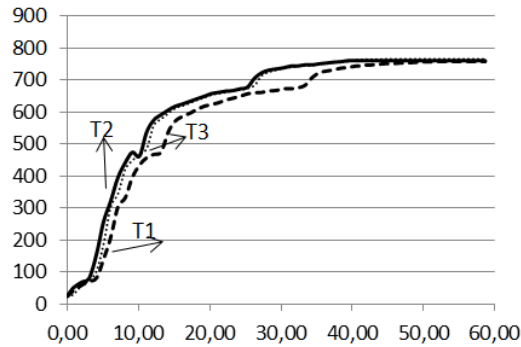
Методика проведення випробування в компактній вогневій установці без механічного навантаження полягає у впливі стандартного температурного режиму пожежі [2] при нагріванні елементу залізобетонної стіни з однієї сторони, на основі яких, розрахунковим шляхом буде можливо оцінити межу вогнестійкості будівельної конструкції, яка буде відповідати її реальним розмірам [1].

Малогабаритний фрагмент залізобетонної стіни виготовлявся заздалегідь до випробування, у кількості 3 шт. Зразок для випробувань закріплюється в передній частині установки. Верхня частина установки закривається кришкою. На рис. 1 показано схему встановлення малогабаритного зразка залізобетонної стіни для випробувань.

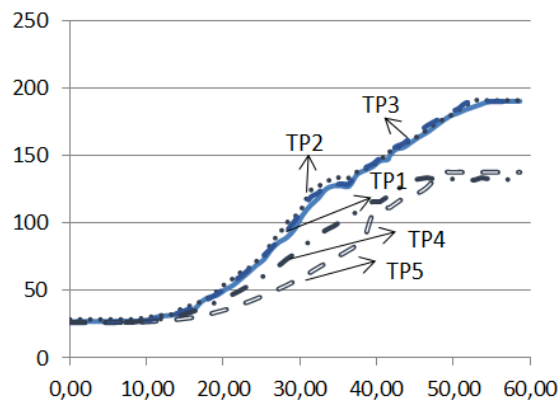


**Рис. 1. Схема встановлення зразка для випробувань:** 1 – кришка, що закриває верхню частину установки; 2 – ущільнювач з мінеральної вати та вапняного шнура; 3 – пальники, що створюють температурний режим у камері печі; 4 – огороження печі; 5 – місця для пальників, що не використовуються під час вогневих випробувань стін; 6 – зразок, що досліджується, 7 – отвір для виходу продуктів горіння.

Для вимірювання температури в камері вогневої печі розташовано 3 термопари типу ТХА для контролю температурного режиму та забезпечення його відповідності стандартному; на обігрівальній поверхні зразка 3 термопари типу ТХА; на не обігрівальній поверхні 2 терморезистори та на рівні арматури 3 терморезистори з діапазоном замірювання 5–300 °С. На рис. 2 – рис. 3 відображено результати експериментальних досліджень.



**Рис. 2.** Результати вимірювання температури досліджуваного зразку: Т1-Т3 – показники термопар, які встановлені на обігрівальній поверхні.



**Рис. 3.** Результати показів терморезисторів у фрагменті досліджуваного зразку: TP1-TP3 – показники терморезисторів встановлені на рівні арматури, TP4-TP5 – значення терморезисторів встановлених на не обігрівальній поверхні.

Відповідно до проведених вогневих випробувань, підтверджено адекватність експериментальних даних: відносне відхилення результатів не перевищило 3 %, а розрахований критерій адекватності (F-критерій Фішера) нижче за критичне значення.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Перегін А., Нуянзін О. Етапи створення прототипу вогневої установки для визначення температурних розподілів малогабаритних фрагментів залізобетонних конструкцій. *Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідування* : зб. наук. праць. Черкаси: ЧПБ НУЦЗ України, 2021. Т 5. № 2. С. 76–82.
2. ДСТУ Б В.1.1-4-98\*. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги.



## ПИТАННЯ БЕЗПЕЧНОГО ОСВОЄННЯ ТЕРИТОРІЙ ЗАКРИТИХ ОБ'ЄКТІВ ЗАХОРОНЕННЯ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

*Рашкевич Н.В., PhD*

*Національний університет цивільного захисту України*

В результаті діяльності людини відбувається постійне хімічне, біологічне, фізичне забруднення та механічне засмічення ґрунтів. Данні техногенні ґрунти не є родючими, не можуть бути безпечною основою під зведення споруд та будівель промислового та цивільного призначення. На жаль, стратегія захоронення повною мірою не враховує подальше безпечне вторинне використання територій у майбутньому. Раціональне та безпечне використання земельних ресурсів – техногенних ґрунтів під забудову – становить актуальну задачу в умовах сталого розвитку населених пунктів. Рішення з освоєння територій звалищ, полігонів побутових відходів визначаються дефіцитом вільних площ для ведення сільськогосподарської діяльності, розширення міських поселень, а також необхідністю санації та або рекультивації звалищних утворень.

В таблиці 1 наведені звітні данні України за 2020 рік щодо стану санітарної очистки [1].

**Табл. 1. Звітність «Санітарна очистка» за 2020 рік**

Кількість полігонів та звалищ	Одиниць / га
– загальна	6045 / 8760,997
– перевантажених	261 / 787,24
– не відповідають нормам безпеки	868 / 1505,083
– закритих	355 / 638,006
Існує потреба	Одиниць
– нових	318
– паспортизації (паспортизовані)	1542 (93)
– рекультивації (рекультивовані)	424 (24)
– санації (сановні)	278 (0)

Захоронення побутових відходів на звалищах та полігонах є найбільш розповсюдженим способом поводження з відходами. Данні об'єкти, навіть закриті, традиційно становлять екологічну, санітарно-епідеміологічну небезпеку. Їх небезпека пов'язана з виділенням та міграцією біогазу [2], фільтраційних вод [3, 4], деформацією звалищного масиву у вертикальному та горизонтальному напрямку, а при наявності споруд та будівель – корозією будівельних матеріалів та конструкцій, як наслідок цивільну небезпеку. Компоненти біогазу і фільтраційних вод можуть викликати корозію бетонних, залізобетонних, металевих конструкцій.

Звалищні утворення містять мікробіоту, життєдіяльність якої впливає на фізико-хімічні властивості ґрунтів. Звалищні ґрунти підчиняються лінійній деформації, гідром'якості, закону ущільнення. Властивості ґрунтів – співвідношення твердої, рідкої та газоподібної фаз – змінюються як з часом, так й глибиною залягання, є неоднорідними по всій території звалища або полігону.

Масив відходів протягом свого життєвого циклу зазнає деформації, що протікає на трьох стадіях – початковій, первинній, вторинній. Початкова обумовлена розміщенням ТПВ на карті полігону, прикладанням зовнішнього навантаження за допомогою спеціальної важкої техніки, та як наслідок ущільнення. Первинне просідання  $\varepsilon_1$  є наслідком самовільного ущільнення під дією власної ваги. Вторинне просідання  $\varepsilon_2$  врахо-

вує механічні процеси та біологічне розкладання органічної фракції відходів по багатокомпонентній моделі першого порядку [5].

Повна деформація звалищного масиву є функція часу  $t$ , початкової щільності відходів  $\rho$ , потужності об'єкта  $P$ , висоти складування відходів  $h$ , кількості утвореного фільтрату  $V_\phi$ , метанового потенціалу  $L$ :

$$D = f(t, \rho, P, h, V_\phi, L) \quad (1)$$

Методи зниження емісії біогазу, відновлення та використання техногенних територій мають враховувати різні умови експлуатації об'єктів захоронення побутових відходів. Неможливість достовірно оцінити етапи життєвого циклу, стадії метаногенерації за відсутності належної системи екологічного моніторингу, пожежі ускладнюють процес безпечного освоєння територій звалищних ґрунтів. Для уникнення критичної ситуації, що призводить до руйнування будівель та споруд, становить загрозу для життя та здоров'я людей, необхідні наукові розробки.

Таким чином, розробка інженерно-технічних методів мінімізації небезпеки освоєння територій звалищ та полігонів побутових відходів на основі досліджень закономірностей та причин деформації масиву звалищних ґрунтів, корозійного руйнування будівельних матеріалів та конструкцій в рамках забезпечення цивільної безпеки є перспективним напрямом наукових досліджень.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Міністерство розвитку громад та територій України. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2020 рік. URL: <https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zhkh/terretory/stan-sfery-povodzhennya-z-pobutovymy-vidhodamy-v-ukrayini-za-2020-rik-2/>.
2. Rashkevich N., Goncharenko I., Anishenko L., Pisnya L., Petrukhin S., Serikova E. Biogas from the municipal solid waste polygon. *Scientific Journal «ScienceRise»*. № 9 (50) 2018. P. 39–42. DOI: 10.15587/2313-8416.2018.143412.
3. Рашкевич Н.В., Цитлішвілі К.О. Дослідження небезпеки продуктів розкладання в місцях депонування твердих побутових відходів. *Вісник КрНУ ім. Михайла Остроградського*. Вип. №3/2018(110). С. 97–102. DOI: 10.30929/1995-0519.2018.3.97-102.
4. Rashkevich N. Assessment of filtration waters spreading on the surface of waterbodies. *Environmental Problems*. Vol. 3. № 4. 2018. P. 241–244.
5. Куцый Д.В., Матвеев Ю.Б. Физико-механические свойства отходов в теле полигона ТБО. *Твердые бытовые отходы*. 2013. № 10. С. 14–18.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОВИДІЛЕННЯ ЗА УМОВ ПОЖЕЖІ МОЛОДИХ СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ

*Товарянський В.І., к.т.н.*

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

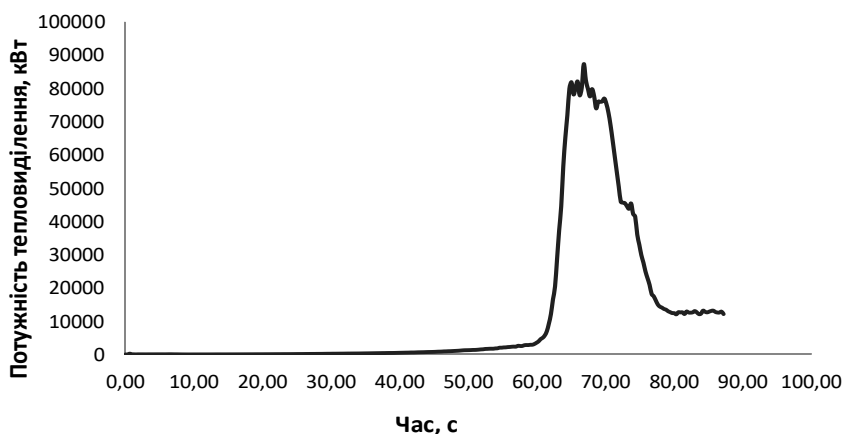
Лісова пожежа є однією із причин, що призводять до змін в природних екосистемах, зумовлюють катастрофічні наслідки для навколишнього природного середовища, а їх переважна більшість виникнення — результат діяльності людини. Вплив антропопресії на лісове середовище спричинює збільшення кількості пожеж, а це своєю чергою призводить до збільшення втрат, зокрема матеріальних. Дослідження пірологічних процесів щодо виникнення та поширення лісових пожеж, а також розроблення ефективних систем їх прогнозування є не лише об'єктом наукового пізнання, а й формують інтерес в суспільній діяльності.

Згідно з дослідженнями [1] встановлено, що особливо пожежонебезпечними вважаються соснові молодняки віком від 5 до 20 років. Пожежна небезпека таких насаджень суттєво відрізняється від пожежної небезпеки деревостану старшого віку, оскільки такі пожежі на відміну від пожеж насаджень віком понад 20 років переходять з низових у верхові, при цьому лінійна швидкість поширення зростає у 3–5 разів. Поруч з цим, різняться інші показники. Одним з таких є тепловиділення за умов пожежі, що є важливим для прогнозування розвитку пожежі з метою оцінювання швидкості її поширення, зміни геометричних параметрів пожежі, приросту температури, а отже — дозволяє визначати тактичні можливості: площу гасіння, витрати вогнегасних засобів та час гасіння пожежі. З огляду на це, постає необхідність дослідити особливості процесів тепловиділення за умов пожежі соснових молодняків віком 20 років, а одержані результати порівняти із результатами за умов пожежі соснових молодняків віком 30 років.

На підставі даних про матеріал (теплота згоряння, температура та теплота термодеструкції, товщина, маса, теплопровідність, теплоємність тощо) можна розрахувати кінетику процесу тепловиділення при горінні матеріалу під впливом теплового потоку заданої інтенсивності. Однак сьогодні значно простіше для визначення величин тепловиділення використовувати комп'ютерні моделі як програмне забезпечення, що дає змогу за умов пожежі генерувати таку інформацію. Однією з таких моделей є *WFDS*, яка є інтегрованою в *Fire Dynamic Simulator*, і дає змогу застосовувати це забезпечення для моделювання лісових, трав'яних, степових та змішаних пожеж в екосистемах [2], враховуючи усі необхідні умови.

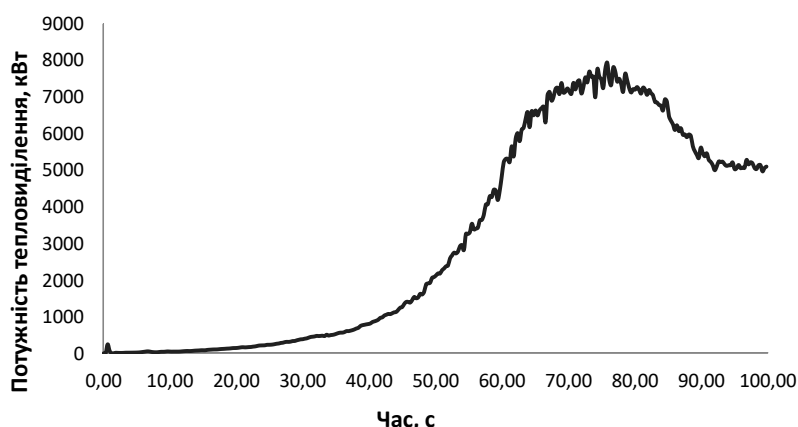
Під час лісової пожежі відбувається різна кількість виділення тепла у навколишнє середовище, яка залежить, в першу чергу, від їх вологості та теплотворної здатності деревостану. Модель *WFDS* дає можливість отримати показники, які характеризують виділення тепла в умовах пожежі для заданого моменту часу. З цією метою побудовано моделі пожежі соснових насаджень у віці 20 та 30 років. Вихідні дані для формування файлу моделювання, а саме геометричні розміри, кліматичні умови, а також характеристики джерела взято згідно з [1]. Досліджену залежність потужності тепловиділення за умов пожежі від часу для соснових насаджень у віці 20 років зображено на рис. 1.





**Рис. 1.** Залежність потужності тепловиділення від часу пожежі соснових молодняків віком 20 років за швидкості вітру 2 м/с.

Зауважено, що максимальне значення потужності тепловиділення в умовах пожежі соснових молодняків віком 20 років спостерігається на 68 с. Після 69 с від початку пожежі спостерігається зменшення цієї величини. Залежність потужності тепловиділення під час пожежі від часу для соснових насаджень у віці 30 років зображено на рис.2.



**Рис. 2.** Залежність потужності тепловиділення від часу пожежі соснових молодняків віком 30 років за швидкості вітру 2 м/с.

В умовах пожежі соснових молодняків віком 30 років швидке збільшення потужності тепловиділення зафіксовано на 20 с від початку пожежі, проте максимальне її значення не перевищує 7200 кВт.

Загалом встановлено, що потужність тепловиділення від пожежі тривалістю 100 с для соснових молодняків віком 20 років є більшою, аніж для насаджень 30-річного віку. Так, максимум тепловиділення за результатами моделювання пожежі соснових молодняків у віці 20 років становить 87428 кВт, що в понад 12 разів перевищує цей показник для насаджень у віці 30 років.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Товарянський В. І. Підвищення ефективності забезпечення пожежної безпеки молодих соснових лісах України: автореф. канд. техн. наук. Львів, ЛДУ БЖД, 2018.
2. Wildland-Urban Fire Models (2022, February). URL: <https://www.fs.fed.us/pnw/fera/research/wfds/>.

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ СИСТЕМ ЗАРЯДКИ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

*Фещук Ю.Л., к.т.н.,  
Голікова С.Ю.,  
Циганков А.О.,  
Некора В.С.*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

У зв'язку з прийняттям [1] в його прикінцевих положеннях ДСНС у шестимісячний строк з дня опублікування цього Закону необхідно розробити та внести зміни до державних будівельних норм України щодо визначення обов'язкових параметрів, деталізованих вимог облаштування машиномісць та/або паркомісць для транспортних засобів, оснащених електричними двигунами (одним чи декількома).

Мета дослідження – створення передумов для встановлення вимог щодо протипожежного захисту систем зарядки електромобілів (далі – СЗЕ) (рисунок 1).



**Рис. 1. Система зарядки електромобіля.**

Проведено вивчення вітчизняної та зарубіжної нормативної бази стосовно нормування вимог пожежної безпеки зарядних станцій для електромобілів та встановлено, що стандартизовані такі вимоги відсутні. При цьому в європейських державах наявні інструкції, рекомендації, зокрема: RC59 «Рекомендації щодо пожежної безпеки під час зарядки електромобілів» (Велика Британія, 2021) [2], «Позиція пожежного департаменту Лондону щодо зарядних станцій» (Велика Британія, 2021) [3] та інші. Однак зазначені рекомендації містять протипожежні вимоги не в повній мірі.

Основні вимоги до обладнання електроживлення для зарядки електромобілів передбачені в [4–6], до місць розташування – в [7]. В даних стандартах переважно встановлені вимоги до електробезпеки зарядних станцій, при цьому не висунуто вимог пожежної безпеки. Однак ці стандарти повинні бути інструментом для розроблення національного стандарту щодо забезпечення протипожежного захисту зарядних станцій для електромобілів.

Доцільно навести два терміни, що є основою проведення дослідження:

1) Система зарядки електромобілів (*EV charging system*) – повна система, що включає електроживлення та функції, необхідні для подачі електричної енергії на електромобіль для зарядки (п. 3.1.4 [4]);

2) Зарядна станція для електромобілів (далі – ЗС) (*EV charging station*) – стаціонарна частина обладнання для живлення електромобілів, що підключене до електромережі (п. 3.1.5 [4]).

На основі аналізу пожеж електромобілів під час зарядки, загроз та небезпек, що несе ЗС, електромобіль, встановлено, що найбільша небезпека виникає саме в момент

зарядки електромобіля, при чому найбільшу пожежонебезпеку являє саме електромобіль, а не ЗС. У зв'язку з цим прийнято рішення, що ЗС необхідно розглядати разом з електромобілем (ями), які заряджаються – в комплексі. Тому вимоги щодо протипожежного захисту необхідно встановлювати не до ЗС, а до СЗЕ, що включає ЗС та електромобіль під час зарядки.

Враховуючи кількість транспортних засобів, що можуть одночасно перебувати в конкретно-визначеному місці, в тому числі електромобілів, та небезпеку яку вони собою несуть, встановлено, що вимоги щодо забезпечення протипожежного захисту СЗЕ необхідно передбачати на стадії їх проектування на: автостоянках, в гаражах (паркінгах) та електростанціях (далі – ЕЗС). При цьому має бути враховано класифікацію ЗС, що включає характеристики входу джерела живлення, характеристики виходу джерела живлення, нормальні умови навколишнього середовища, особливі умови навколишнього середовища, доступ, спосіб монтажу, захист від ураження електричним струмом, режими зарядки згідно з [4].

ЕЗС (авторський термін) – комплекс будинків, споруд, технологічного обладнання, призначений для заряджання електромобілів (дорожній знак 6.7.3).

Таким чином при встановленні вимог до протипожежного захисту до СЗЕ необхідно передбачити наступне:

- планування машиномісць з СЗЕ;
- забезпечення обмеження поширення пожежі між СЗЕ та суміжними об'єктами;
- вимоги до конструкцій, на яких встановлюються ЗС для електромобілів;
- улаштування протипожежних перешкод;
- вимог до протипожежних відстаней;
- забезпечення безпечної евакуації;
- застосування систем протипожежного захисту та первинних засобів пожежога-

сіння.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України від 11 липня 2019 року № 2754-VIII «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо створення доступу до інфраструктури зарядних станцій для електромобілів».
2. RC59: Recommendations for fire safety when charging electric vehicles. Fire Protection Association / London Road, Moreton in Marsh. Gloucestershire GL56 0RH. London. 20 p.
3. Electric Vehicle Charging in Residential and Non-Residential Building – Department for Transport. London, SW1P 4DR. 20 p.
4. ДСТУ EN IEC 61851-1:2021 (EN IEC 61851-1:2019, IDT; IEC 61851-1:2017, IDT) Система зарядки електричних транспортних засобів дротова. Частина 1. Загальні вимоги.
5. ДСТУ EN 62196-1:2014 Вилки, розетки, транспортні з'єднувачі та вводи. Провідність зарядження електричних транспортних засобів. Частина 1. Загальні вимоги (EN 62196-1:2012 + EN 62196-1:2012/A11:2013 + EN 62196-1:2012/AC:2012, IDT).
6. ДСТУ EN 62196-2:2014 Вилки, розетки, транспортні з'єднувачі та вводи. Провідність зарядження. Частина 2. Сумісність розмірів та вимоги взаємозамінності штиря та трубчатого виводу пристосувань для змінного струму (EN 62196-2:2012 + EN 62196-2:2012/A11:2013, IDT).
7. IEC 60364-7-722:2018 Low-voltage electrical installations – Part 7-722: Requirements for special installations or locations - Supplies for electric vehicles.



## ДОСЛІДЖЕННЯ ЩОДО МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ СПАЛАХУ РІДИН У ЗАКРИТОМУ ТИГЛІ

*Хроменков Д.Г.,  
Кравченко Р.І., к.т.н.,  
Гулик Ю.Б.*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Для визначення пожежонебезпечних властивостей твердих речовин (компонетів) застосовуються джерела запалювання з різними параметрами.

Відповідно до Регламенту (ЄС) № 1272/2008 [1] та GHS [2] для визначення класу займистості рідин рекомендовано застосування методів визначення температури спалаху в закритому тиглі, що встановлені в ISO 1516 [3], ISO 1523 [4], ISO 2719 [5], ISO 3679 [6] та ISO 13736 [7].

В ISO 1516 [3] встановлений метод визначення температури спалаху фарб, лаків, барвників, розчинників, нафти або споріднених виробів. Цей міжнародний стандарт не застосовується до водорозчинних фарб, для яких має застосовуватися метод згідно з ISO 3679 [6].

Стосовно інтерпретації результатів, отриманих із сумішей розчинників, що містять галогеновані вуглеводні, то їх слід розглядати з обережністю, оскільки ці суміші можуть давати аномальні результати.

Метод за ISO 1516 [3] належить до групи рівноважних методів.

Рівноважний метод (equilibrium) – метод, за якого в установці з визначення температури спалаху рідин пари над зразком і сам зразок під час дії джерела запалювання мають однакову температуру (практично ця умова виконується не повністю, оскільки температура по всьому зразку неоднакова і кришка тигля та засувка мають більш низьку температуру).

В ISO 1523 [4] встановлений метод визначення температури спалаху, що належить до групи рівноважних методів, сфера застосування якого та обладнання для його реалізації аналогічні тим, що визначені в ISO 1516 [3]. Проте, цей метод має такі відмінності.

Для приблизного визначення температури спалаху допускається застосування нерівномірного методу.

Нерівномірний метод (або динамічний метод) (non-equilibrium) – метод за якого в установці з визначення температури спалаху пари над зразком і сам зразок під час застосування джерела запалювання мають різну температуру (нагрівання зразка з постійною унормованою швидкістю супроводжується відставанням температури парів від температури зразка).

В ISO 2719 [5] встановлено методи визначення температури спалаху в закритому тиглі горючих рідин, рідин з твердими речовинами, що перебувають у зваженому стані, та рідин, які на поверхні яких може утворюватися поверхневі плівки, біодизельних палив в інтервалі від 40 °С до 370 °С. Методи, що встановлені у цьому стандарті є не придатними для випробування водорозчинних лако-фарбових виробів, а також сильнолетких речовин.

Метод А застосовують до дистильного палива (дизельного, біодизельного, пального, оливи для горючого та турбінного палива), нових мастильних оливок, фарб, лаків та інших гомогенних речовин, до яких не застосовують метод В чи С.

Метод В застосовують до залишків мазута, залишків змащувальних оливок, сумішей рідин, що містять зважені тверді речовини, рідин на поверхні яких утворюється плі-

вка, або які мають таку кінематичну в'язкість, за якої зразки нерівномірно нагріваються при перемішуванні за методом А.

Метод С застосовують до метилових ефірних жирних кислот (FAME).

В ISO 3679 [6] встановлений прискорений метод визначення температури спалаху за рівноважних умов у закритому тиглі. Цей метод призначений для визначення температури спалаху в діапазоні від мінус 30 °С до 300 °С для фарб (у тому числі водорозчинних), лаків, зв'язувальних речовин для них, розчинників, клеїв, нафти та подібних до неї продуктів.

При застосуванні додаткового детектором спалаху стандарт може бути використаний для визначення температури спалаху метилових ефірів жирних кислот.

У зазначеному стандарті, який прийнятий як ДСТУ ISO 3679:2015, встановлено два методи випробування: метод А, за яким визначають наявність або відсутність спалаху парів рідини за певної температури; метод В, за яким визначають температуру спалаху парів рідини.

Метод за ISO 13736 [7] передбачає проведення випробувань в ручному та автоматичному режимах горючих рідин з температурою спалаху від мінус 30 °С до плюс 75 °С. Разом з тим достовірність результатів з визначення температури спалаху рідин реально є підтвердженою лише в температурному діапазоні від мінус 8 °С до 75 °С. У ручному режимі випробування температурний діапазон обмежується температурою 70 °С. Цей метод не застосовують до водорозчинних фарб.

На підставі вище зазначених методів випробування універсальним методом, який дозволяє випробовувати більш широку номенклатуру рідин за температури до 93 °С, є метод випробування за ISO 3679 [6]. Цей міжнародний стандарт, прийнятий як EN ISO 3679:2015 та ДСТУ ISO 3679:2015.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Regulation (EC) № 1272/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC) № 1907/2006 (Text with EEA relevance). – OJ L 353, 31.12.2008. P. 1–1355.

2. Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemical (GHS): ST/SG/AC.10/30/Rev.6. – United Nations. – Sixth revised edition. – New York and Geneva, 2015. – 521 p. – eISBN 978-92-1-057320-7.

3. ISO 1516:2002 Determination of flash/no flash. Closed cup equilibrium method. – Document published on: 2002-03-01 – Geneva: ISO, Edition: 3, 2002. 16 p.

4. ISO 1523:2002 Determination of flash point. Closed cup equilibrium method. – Document published on: 2002-03-01 – Geneva: ISO, Edition: 3, 2002. 18 p.

5. ISO 2719:2016 Determination of flash point. Pensky-Martens closed cup method. – Document published on: 2016-06-15 – Geneva: ISO, Edition: 4, 2016. 30 p.

6. ISO 3679:2015 Determination of flash no-flash and flash point. Rapid equilibrium closed cup method. – Document published on: 2015-03-15 – Geneva: ISO, Edition: 4, 2015. 30 p.

7. ISO 13736:2013 Determination of flash point. Abel closed cup method. – Document published on: 2013-04-15 – Geneva: ISO, Edition: 3, 2013. 30 p.

## ОСОБЛИВОСТІ ЕВАКУАЦІЇ ВІДВІДУВАЧІВ ТОРГОВО-РОЗВАЖАЛЬНИХ ЦЕНТРІВ

*Цвіркун С.В., к.т.н., доцент,*

*Удовенко М.Ю.,*

*Костенко Т.В., д.т.н., професор,*

*Мельник В.П., к.т.н.,*

*Березовський А.І., к.т.н., доцент*

*Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України*

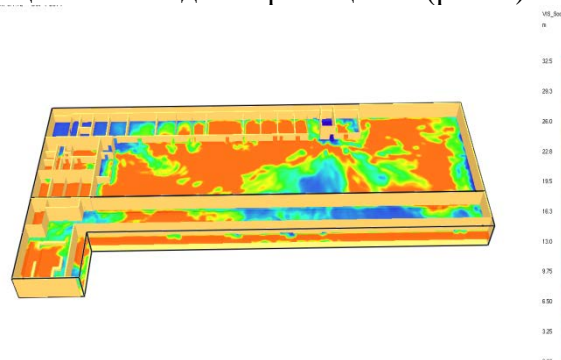
В останні роки в світі активно розвивається індустрія послуг. При проведенні аналізу наукових джерел, що присвячені дослідженням процесу евакуації людей з будівель різного функціонального призначення при надзвичайних ситуаціях, звертає на себе увагу факт маловивченої проблематики особливостей евакуації дітей і впливу цих особливостей на загальний процес евакуації. Вже згадана тема докладно викладена в декількох наукових дослідженнях і лише відносно евакуації дітей з будинків дошкільних освітніх установ [1]. Виникають резонні побоювання з питання про можливість обслуговуючого персоналу встановити психологічний контакт з дітьми за такий короткий термін, вивчити особливості психіки і поведінки в момент небезпеки окремої дитини, а саме це є одним з головних складових проведення успішної евакуації дітей під час пожежі. Не зрозуміло, як поведуть себе діти, якщо виникне реальна загроза впливу на них небезпечних чинників пожежі.

Мета роботи – підвищення безпеки відвідувачів в приміщенні дитячого парку «Дитяча планета», розташованого в ТРЦ, за результатами математичного моделювання процесів розвитку пожежі та процесів евакуації.

Для досягнення мети необхідно проаналізувати шляхи евакуації в рамках об'ємно-планувальних рішень будівлі ТРЦ; провести розрахунок необхідного та фактичного часу евакуації відвідувачів; визначити особливості евакуації з дитячих розважальних центрів в ТРЦ. Визначення розрахункового часу евакуації людей із приміщень проводиться із застосуванням спрощеної аналітичної моделі руху людського потоку [2].

Для моделювання динаміки розвитку небезпечних чинників пожежі обрано програмний комплекс FDS [3]. Вибір даного програмного комплексу обумовлений складною геометрією стелі (покрівлі) об'єкту, що унеможливує використання більш простих методик розрахунку небезпечних чинників пожежі.

При отриманні графічних і аналітичних результатів розрахунку полів небезпечних чинників пожежі місця розташування розрахункових точок брались в місцях найбільш тривалого перебування людей за відповідним сценарієм, у безпосередній близькості від евакуаційних виходів з приміщення (рис. 1).



**Рис. 1. Розподілення полів видимості в приміщеннях.**



Осередки пожежі були обрані таким чином, щоб або блокувати один із евакуаційних виходів, або створювати складні умови для евакуації. Таким чином пожежа розвивається по найгіршому сценарію, приймаємо, що система автоматичного пожежогасіння, якою обладнаний торговельно-розважальний комплекс, не спрацювала. В цих умовах проводиться розрахунок часу настання небезпечних чинників пожежі в 23 ключових місцях приміщення дитячого розважального парку (необхідний час евакуації). Розрахунковий час евакуації, який залежить від об'ємно-планувальних рішень, повинен бути меншим за необхідний час евакуації.

За результатами визначення часу настання негативного впливу небезпечних чинників пожежі та визначення розрахункового часу евакуації людей з приміщення дитячого парку що розташований в ТРЦ робиться висновок, що об'ємно-планувальні рішення цього закладу дозволяють провести евакуацію людей у разі пожежі. Одночасно слід зауважити що діти більш схильні до проявів паніки ніж дорослі, а у разі пожежі схильні ховатись замість того щоб залишати приміщення. Тому персонал закладу має чітко контролювати кількість дітей на таких атракціонах як батут і лабіринт і мати чіткі інструкції стосовно своїх дій у разі пожежі.

Таким чином, вперше для умов саме таких параметрів об'ємно-планувальних рішень будівлі було визначено час настання негативного впливу небезпечних чинників пожежі та час евакуації людей з приміщення дитячого парку торгово-розважального центра.

Через те, що в Україні відсутня нормативна база, яка регламентує вимоги до дитячих розважальних майданчиків, розташованих у великих торговельних центрах, дані дослідження можуть стати основою для розробки концепції забезпечення безпеки дітей у таких закладах з огляду на можливість виникнення надзвичайної ситуації.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання принципів та підходів, що викладено в роботі, для подібних об'єктів сфери обслуговування для визначення необхідного часу евакуації, що дозволить підвищити безпеку відвідувачів та персоналу під час виникнення надзвичайної ситуації.

На думку авторів, необхідно провести дослідження із вивчення поведінки персоналу торгових комплексів при пожежі. У разі успішного проведення серії експериментів в декількох торгово-розважальних комплексах, бажано в різних регіонах країни і в різні пори року можна буде порівняти результати досліджень, отримані натурним шляхом з результатами, отриманими за допомогою комп'ютерного моделювання, провести необхідні обчислення і зробити висновки.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Цвіркун С.В., Удовенко М.Ю., Ведула С.А. Питання щодо особливості евакуації дітей з ігрових кімнат ТРК. X Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Надзвичайні ситуації: безпека та захист» Черкаси. С. 231–233.
2. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Київ, 2020.
3. Fire Dynamics Simulator, User's Manual. URL: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/IR/nistir6469.pdf>.

## RESULTS OF EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF THE RESISTANCE OF SPECIMENS FROM SHEET STEEL TO IMPACT LIGHTNING CURRENT

*S. Rudakov<sup>1</sup>, PhD, Associate Professor,  
Z. Saimbetova<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*National University of Civil Defence of Ukraine,*

<sup>2</sup>*Bayer KAZ LLP, Kazakhstan*

In case of direct strikes of linear lightning developing in the air atmosphere of the Earth with an average statistical frequency of up to 100 discharges per second [1, 2], into high-rise technical structures located on the earth's surface, the amplitude-time parameters (ATP) of the pulsed current in the plasma channel of its discharge can be dangerous both for external structural elements and for power electrical and low-current radio-electronic equipment contained inside such structures.

Let us consider a flat sample with a plan size of 500 mm x 500 mm made of 12Kh18N10T stainless steel with a thickness of 1 mm, which is directly exposed to a cylindrical artificial lightning plasma channel in the open air.

Let the pulsed A- and long-term C- components of the lightning discharge current flow through this channel, the normalized ATPs of which correspond to the requirements given in [3, 4]. It is required first to carry out a calculated assessment of the results of the electrothermal effect on the sample under consideration of the indicated components of the artificial lightning pulse current, and then, using a generator, to perform an experimental verification of the electrothermal lightning resistance of the prototype to a direct impact of the artificial lightning plasma channel into it. research institutes.

The international standard IEC 62305-1 provides an analytical relationship that allows estimating the volume of metal  $V_0$  in an object, melted due to the action of lightning current on it, depending on the amount of electricity that has flowed in the following form

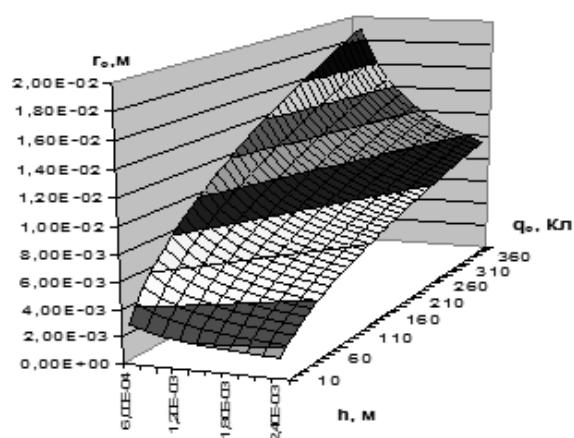
$$V_0 = \frac{U_{ac} \cdot q_{Ac}}{d_0} \times \frac{1}{C_w(\Theta_m - \Theta_e) + C_s}, \quad (1)$$

where  $V_0$  is the volume of the object's molten metal, m<sup>3</sup>;  $U_{ac}$  – anodic or cathodic DC voltage drop near the object, B;  $q_{Ac}$  is the amount of charge carried by the A- or C-component of the lightning current, C;  $d_0$  is the density of the object material, kg/m<sup>3</sup>;  $C_w$  is the heat capacity of the object material, J/(kg·°C);  $\Theta_m$  is the melting point of the object material, °C;  $\Theta_e = \theta_0$  – temperature of the environment surrounding the object, °C;  $C_s$  is the specific heat of fusion of the material of the object, J/kg.

To estimate the size of a hole or cavity that can be formed in the considered stainless steel sheet sample of a given thickness  $h$  when exposed to lightning current, we used the known numerical indicators of the main physical parameters for stainless steel grade 12Kh18N10T.

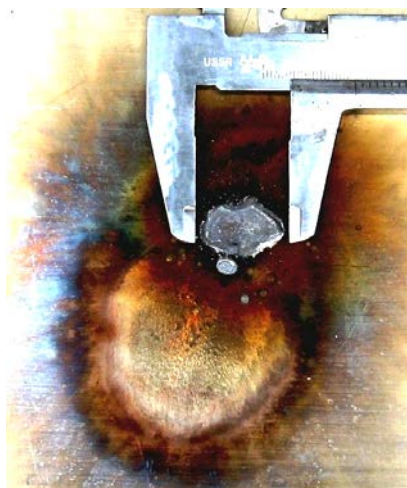
When estimating the radius  $r_c$  of the hole formed, it should be taken into account that the heat flux enters the steel sample not pointwise, but along the area of a circle with a radius  $r_{mc}$ . Therefore, the radius of the molten metal spot cannot be less than  $r_{ms}$ . The radius  $r_{mc}$  of the lightning channel depends on the strength of the current flowing in it and for normal atmospheric conditions is defined as

$$r_{mc} = 0,11 \cdot 10^{-3} (I_{mc})^{0,5}, \quad (2)$$



**Fig. 1. Dependence of the radius  $r_c$  of the penetration hole formed in the investigated steel sheet with thickness  $h$  on the amount of electricity  $q_c$  flowing through its material.**

On fig. 2 show external views of the outer and rear surfaces of a steel roof sample after combined exposure to the pulsed A- and long-term C-components of the artificial lightning current with ATP



**Fig. 2. General view on the outer surface of the steel roof of the rounded focus of direct exposure to it of the pulsed A- and long-term C-component of the artificial lightning current with normalized ATP.**

To prevent possible sources of ignition of flammable liquids and materials placed from below under a thin-walled steel shell with the indicated characteristics, which is affected in the open air by direct impacts of high-current lightning discharges, it is necessary to develop special technical measures that increase the fire safety of such technical structures to the action of large lightning pulse currents on them.

#### REFERENCES

1. Юман М.А. Молния. М.: Мир, 1972. 327 с.
2. Кравченко В.И. Молния. Электромагнитные факторы и их поражающее воздействие на технические средства. Х.: НТМТ, 2010. 292 с.
3. SAE ARP 5412: 2013 Aircraft Lightning Environment and Related Test Waveforms/ SAE Aerospace. USA, 2013. P. 1–56.
4. SAE ARP 5416: 2013 Aircraft Lightning Test Methods/ SAE Aerospace. USA, 2013. P. 1–145.



## СЕКЦІЯ 2

# НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

УДК 355.58

### ПРОБЛЕМИ ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНЦІЙ ФАХІВЦІВ У СФЕРІ УПРАВЛІННЯ ЦИВІЛЬНИМ ЗАХИСТОМ

*Гудович О.Д., к.т.н., с.н.с., доцент,  
Юрченко В.О., к.т.н., доцент*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Масштабні реформи, які передбачені в проекті «Стратегії сталого розвитку «Україна – 2030» [1], встановлюють пріоритетні завдання в сфері освіти, що є однією з передумов досягнення сталого розвитку і найважливішим інструментом ефективного управління та обґрунтованого прийняття рішень, які необхідно інтегрувати в систему професійної освіти державних службовців цивільного захисту і освітян.

Реалізація завдань у сфері (далі – ЦЗ), що покладені на органи державної влади та (далі – ОМС) органи місцевого самоврядування), в значній мірі залежать від рівня кваліфікації їх керівників та фахівців підрозділів з питань цивільного захисту, а саме від рівня кваліфікаційних вимог та якості забезпечення їх чіткого дотримання [2].

Останнім часом у даній сфері рекомендують застосування принципу компетентнісного підходу [3], який успішно застосовується в розвинутих країнах Європи в сфері публічного управління [4].

Згідно з законом України «Про державну службу» [5] від державного службовця, який обіймає посаду керівника департаменту, управління, відділу, головного спеціаліста в органах державної влади необхідно вимагати наявності певної низки професійних компетентностей, тобто здатності в межах визначених за посадою повноважень застосовувати спеціальні знання, уміння та навички, виявляти відповідні моральні та ділові якості для належного виконання встановлених завдань і обов'язків, у тому числі, у навчанні, професійному і особистому розвитку.

Для державних службовців державне управління є одним з видів діяльності при здійсненні управлінських функцій державної влади. Мета державного управління полягає у практичній реалізації владних повноважень організаційних, планових, виконавчорозпорядчих функцій щодо втілення в життя вимог законодавства. Функції державного управління за критерієм змісту, характером і обсягом впливу поділяються на загальні та спеціальні [6].

Загальні функції мають місце в будь якій сфері управлінської взаємодії органів управління з об'єктами управління (аналіз, прогнозування, планування, регулювання, робота з персоналом, облік та контроль). Спеціальні функції реалізуються в окремих сферах управлінської діяльності.

Зокрема, в сфері ЦЗ спеціальна функція спрямована на реалізацію державної політики щодо забезпечення безпеки та захисту населення і територій, матеріальних і культурних цінностей та довілля від негативних наслідків надзвичайних ситуацій у мирний час та в особливий період.

Відповідно функціональна компетентність [3] державного службовця в управлінні

ЦЗ полягає у здатності ним здійснювати надані йому повноваження щодо забезпечення захисту населення, реагування на надзвичайні ситуації, ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій на базі реалізації механізмів загальних та спеціальних функцій у сфері ЦЗ.

Повноваження суб'єктів забезпечення ЦЗ визначено в розділі III статтях 16-19 Кодексу цивільного захисту України [7]. Реалізація цих повноважень здійснюються органами виконавчої влади та їх структурними підрозділами. Для вирішення поставлених завдань державні службовці зобов'язані мати високий рівень професійної компетентності у сфері цивільного захисту.

Практика проведення вступних тестувань серед слухачів відповідних категорій, що проходять навчання в Інституті державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту (далі – ІДУ НД ЦЗ), свідчить про низький рівень їх підготовки з питань ЦЗ, як загальної, так і функціональної згідно з їх цільовим призначенням та розподілом посадових обов'язків [3, 8].

Причина такого стану криється у значній ротації кадрів на сьогоднішньому етапі в державних органах виконавчої влади, відсутності планування коштів на фінансове забезпечення відряджень слухачів на термін їх підвищення кваліфікації, належного контролю та відповідальності з боку їх відповідних керівників.

На теперішній час в органах управління Єдиної державної системи цивільного захисту (далі – ЄДСЦЗ) на посадах спеціалістів та фахівців підрозділів з питань ЦЗ перебувають посадові особи, які в абсолютній більшості своїй, не мають професійної підготовки у галузі «Цивільна безпека», а у кращому випадку мають фахову підготовку у військовій або інженерно-технічній галузі.

В перший рік перебування на посаді спеціаліста та в подальшому через три роки вони здійснюють підвищення кваліфікації у відповідних центрах, вищих закладах освіти виключно за загальною професійною програмою державного службовця [9]. Тобто фахова підготовка державних службовців на теперішній час – керівників та фахівців з питань ЦЗ, взагалі відсутня.

Разом з тим, аналіз змісту даних професійних програм [3, 8] свідчить про те, що кількість годин за тематикою ЦЗ для зазначених категорій державних службовців у сфері ЦЗ ніяким чином не сприяє здобуттю слухачем спеціальних знань та умінь для його успішної діяльності у сфері ЦЗ, а особливо набуття ним відповідної функціональної компетентності в управлінні ЦЗ.

В ІДУ НД ЦЗ з урахуванням обсягів завдань в сфері ЦЗ, які поставлено перед центральними і місцевими органами виконавчої влади (далі – ЦіМОВВ), розроблено спеціальну професійну програму [10] з підвищення кваліфікації для фахівців міністерств, інших ЦіМОВВ, ОМС, які здійснюють свою діяльність у галузі «Цивільна безпека». Програма узгоджена з ДСНС та відповідає вимогам нормативних документів Національного агентства України з питань державної служби [9].

Інститутом також отримана Ліцензія на право здійснювати підготовку фахівців за рівнем освіти магістр за спеціальністю «Публічне управління та адміністрування» за спеціалізацією «Управління у сфері ЦЗ».

Реалізація цієї програми надасть можливість отримати та засвоїти пакет спеціальних знань та навичок з управління ЦЗ, регулювання безпеки, планування заходів захисту населення та територій на принципах кризового менеджменту, вирішити питання здійснення якісної підготовки даної категорії державних службовців. Оцінка якості підвищення кваліфікації слухачів, що проходять навчання, визначається за наступними критеріями та показниками:

сформованості умінь (здатності, готовності) до виконання функцій за цільовим призначенням у сфері ЦЗ;

набуття компетенції – обсягу знань (оновленої або розширеної інформації та практичного досвіду їх застосування у відповідності до переліку завдань і обов'язків згідно з посадовими інструкціями;

раціональності у витратах сил і засобів, матеріальних ресурсів, часу при вирішенні завдань та готовності щодо ефективного застосування знань і умінь;

готовності до виконання функцій за умов чинного законодавства;

здатності самовдосконалюватися шляхом поповнення знань та умінь для вирішення на місцях конкретних проблем в сфері ЦЗ.

Запорукою ефективної реалізації завдань в сфері ЦЗ, які покладені на органи управління функціональних та територіальних підсистем та їх ланок є якісна підготовка та підвищення кваліфікації керівного складу та фахівців за спеціальною професійною програмою [10] в галузі «Цивільна безпека» на основі компетентнісного підходу.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Стратегія сталого розвитку України до 2030 року (проект). URL: <https://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc34>.

2. Юрченко В.О. Підготовку державних службовців – до вимог сьогодення. *Науковий збірник ІДУЦЗ*. № 5. 2017. С.97–109.

3. Литвиновський Є.Ю., Бегун В.В., Гелдаш С.В. та ін. Теоретичні та організаційно-методичні засади проектування освітньої діяльності навчально-методичних установ цивільного захисту: монографія (з електрон. дод.). Вид. 2, переробл. Львів: КП «Палітурник», 2017. С.110.

4. Сорока В.М. Інтегральні професійні компетентності публічного службовця; Імплементация европейского досвіду. Матер. наук.-практ. конф. За міжн. участю. «Європейські принципи і стандарти підготовки публічних управлінців: орієнтири для України». К.: НАДУ, 2015. С. 38–40.

5. Закон України «Про державну службу» від 10.12.2015 р. № 889-VIII. URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/889-19/page2>.

6. Осипенко С.І., Іванов А.В. Організація функціонального навчання у сфері цивільного захисту. Навчальний посібник. К., 2008. С. 227–229.

7. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 р. № 5403-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.

8. Гудович О.Д., Юрченко В.О. Про стан методичного забезпечення з підвищення кваліфікації у сфері цивільного захисту державних службовців і посадових осіб місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування. Матер. наук.-практ. конф. за міжнар. участю «Європейські принципи і стандарти підготовки публічних управлінців: орієнтири для України». К.: НАДУ, 2015. С. 267–268.

9. Наказ Національного агентства України з питань державної служби від 10.10.2019 р. № 185 «Вимоги до структури і змісту професійних програм підвищення кваліфікації державних службовців, посадових осіб місцевого самоврядування та депутатів місцевих рад». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1159-19>.

10. Професійна програма (сертифікатна) підвищення кваліфікації керівників, державних службовців і посадових осіб підрозділів з питань цивільного захисту центральних, місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування. Програму розглянуто та ухвалено Вченою радою Інституту державного управління у сфері цивільного захисту. Протокол № 14 від 05.12.2018 р. ІДУЦЗ. 2019. 97 с.



**ДОСЛІДЖЕННЯ НАНОСТРУКТУР ОКСИДУ ЦИНКУ, ОТРИМАНИХ  
ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В ГАЗОВИХ СЕНСОРАХ**

*Дейнеко Н.В.<sup>1</sup>, д.т.н., доцент,  
Дівізінюк М.М.<sup>2</sup>, д.т.н., професор,  
Пономаренко Р.В.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,  
Шевченко О.В.<sup>1</sup>, к.т.н.*

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,

<sup>2</sup>Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»

Наявність небезпечних домішок у повітрі та необхідність виявлення витoku токсичних летких хімічних компонентів обумовлює інтенсивний розвиток газових сенсорів – засобів моніторингу навколишнього середовища, здатних реєструвати молекули газів в мінімальних концентраціях. Крім контролю навколишнього середовища, такі пристрої можуть використовуватись для аналізу газового середовища на робочих місцях у промисловості, для контролю продуктів харчування, в медицині для діагностики захворювань та для національної безпеки і оборони України. Для вирішення цієї актуальної задачі перспективними представляються газові сенсори на основі оксидів металів завдяки високій чутливості до багатьох цільових газів в поєднанні з простими способами виготовлення та їх невисокою вартістю. Особливого інтересу заслуговують напівпровідникові оксиди SnO<sub>2</sub>, ZnO, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, WO<sub>3</sub> внаслідок наявних електричних властивостей та високої реакційної здатності їх поверхні.

Оксид цинку (ZnO) широко використовується для виявлення газів низької концентрації, таких як етанол, бензол, оксид азоту, рідкий нафтовий газ та інші види завдяки широкій забороненій зоні (3,37 eV) [1], з великою енергією зв'язку екситону (60 meV), недорогим екологічно чистим компонентам, нетоксичності [2]. Оксид цинку має хорошу термічну та хімічну стабільність, високу рухливість електронів, а також діапазон змінності провідності та реакції як на окисні, так і на відновні гази [3, 4]. Оскільки тонка плівка ZnO була використана для виявлення газоподібних компонентів при температурі близько 400 °C вперше в 1966 році [5], ZnO був широко досліджений через його хороші та стабільні газочутливі властивості. Різні морфології ZnO забезпечують різні характеристики зондування [6]. Наприклад, нанопелюстки ZnO мають чутливість 119–20 ppm газу NO<sub>2</sub> при кімнатній температурі [7]. Монодисперсні ZnO порожнисті шестигранні піраміди мають чутливість близько 15 до диметилформаміду (ДМФА) і 187 до етанолу [8]. Квіткові наноструктури ZnO показали найвищий відгук 144,38 і чудову селективність до етанолу 500 ppm при 360 °C [9].

Газові датчики на основі одновимірних наноструктур ZnO останнім часом привертають велику увагу завдяки своїй високій чутливості та низькому енергоспоживанню [10, 11]. Особливо наностержні ZnO широко використовуються для виявлення газів низької концентрації завдяки діапазону змін провідності, реакції як на окисні, так і відновні гази, а також високочутливих і селективних властивостей.

Для покращення чутливості використовують різні заходи: зменшення розміру частинок, варіювання структурою, модифікування поверхні, допонування та створення композитів на основі оксиду цинку. Перспективним є використання монокристалічних наночастинок ZnO різної морфології, що мають меншу дефектність кристалів та більшу питому поверхню, а у випадку ниткоподібних структур – більше співвідношення поверхня / об'єм частинок. Відомо, що фізико-хімічні властивості оксиду цинку значною мірою залежать від технологічних особливостей його отримання. Тому вивчення впливу методу синтезу й умов ведення процесу одержання наноструктур ZnO та вмісту каталі-

тичних добавок є актуальним завданням для їх подальшого застосування у малорозмірних приладах широкого призначення.

Авторами роботи отримано експериментальні зразки наноструктурованого оксиду цинку при використанні золь-гель метода. Досліджено електричні властивості нанорозмірного оксиду цинку, записані в повітряному середовищі в діапазоні значень початкової напруги 5÷30 В за температур 323, 373 та 423 К. Встановлено, що для нанорозмірного оксиду цинку вольт-амперна характеристика є неомічною, проте характер кривих може змінюватись за рахунок підвищення робочої температури. Отримані експериментальні залежності пояснюються особливостями морфології отриманого наноструктурованого оксиду цинку, яка впливає на величину контактного опору в структурі. Велика кількість нанорозмірних частинок призводить до зростання кількості енергетичних бар'єрів, що негативно впливає на чутливість експериментальних зразків до газового середовища. Таким чином подальші дослідження необхідно зосередити на формуванні наностержнів та нановолокон оксиду цинку для зниження контактного опору і відповідно до підвищення чутливості таких плівок.

### ЛІТЕРАТУРА

1. C.F. Klingshirn et al. Zinc oxide from fundamental properties towards novel applications. Springer – Verlag Berlin Heidelberg, 2010. 359 p.
2. N. Datta, N. Ramgir, M. Kaur, S.K. Ganapathi, A.K. Debnath, D.K. Aswal et al. Selective H<sub>2</sub>S sensing characteristics of hydrothermally grown ZnO-nanowires network tailored by ultrathin CuO layers. *Sensors and Actuators B*. 2012. 166–167(6). P. 394–401. DOI: 10.1016/j.snb.2012.02.079.
3. Y. Lv, G. Lin, H. Xu, X. Chu. Gas-sensing properties of well-crystalline ZnO nanorods grown by a simple route. *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*. 2007. 36(1). P. 102–105. DOI: 10.1016/j.physe.2006.09.014.
4. S.A. Vanalakar, V.L. Patil, N.S. Harale, S.A. Vhanalakar, M.G. Gang, Y.K. Jin et al. Controlled growth of ZnO nanorod arrays via wet chemical route for NO<sub>2</sub> gas sensor applications. *Sensors and Actuators B: Chemical*. 2015. 221. P. 1195–1201. DOI: 10.1016/j.snb.2015.07.084.
5. T. Seiyama, A. Kato, K. Fujiishi, M. Nagatani. A new detector for gaseous components using semiconductive thin films. *Analytical Chemistry*. 1966. 38(8). P. 1502–1503. DOI: 10.1021/ac60240a031
6. X.B. Li, S.Y. Ma, F.M. Li, Y. Chen, Q.Q. Zhang, X.H. Yang et al. Porous spheres-like ZnO nanostructure as sensitive gas sensors for acetone detection. *Materials Letters*. 2013. 100(6). P. 119–123. DOI: 10.1016/j.matlet.2013.02.117.
7. R.K. Sonker, S.R. Sabhajeet, S. Singh, B.C. Yadav. Synthesis of ZnO nanopetals and its application as NO<sub>2</sub> gas sensor. *Materials Letters*. 2015. 152. P. 189–191. DOI: 10.1016/j.matlet.2015.03.112.
8. W.X. Jin, S.Y. Ma, Z.Z. Tie, X.L. Xu, X.H. Jiang, W.Q. Li et al. Synthesis of monodisperse ZnO hollow six-sided pyramids and their high gas-sensing properties. *Materials Letters*. 2015. 159. P. 102–105. DOI: 10.1016/j.matlet.2015.06.085.
9. J. Luo, S.Y. Ma, A.M. Sun, L. Cheng, G.J. Yang, T. Wang et al. Ethanol sensing enhancement by optimizing ZnO nanostructure: From 1D nanorods to 3D nanoflower. *Materials Letters*. 2014. 137. P. 17–20. DOI: 10.1016/j.matlet.2014.08.108.
10. K.V. Gurav, P.R. Deshmukh, C.D. Lokhande LPG sensing properties of Pd-sensitized vertically aligned ZnO nanorods. *Sensors and Actuators B: Chemical*. 2011. 151(2). P. 365–369. DOI: 10.1016/j.snb.2010.08.012.
11. R.C. Pawar, J.S. Shaikh, S.S. Suryavanshi, P.S. Patil Growth of ZnO nanodisk, nanospindles and nanoflowers for gas sensor: Ph dependency. *Current Applied Physics*. 2012. 12(3). P. 778–783. DOI: 10.1016/j.cap.2011.11.005.

## ВПЛИВ СКЛАДУ БЕТОНУ НА ФОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПОШКОДЖЕНОСТІ І ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

*Дорофєєв В.С.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,*

*Мироненко І.М.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,*

*Пушкар Н.В.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент*

<sup>1</sup>*Одеський національний морський університет,*

<sup>2</sup>*Одеська державна академія будівництва та архітектури*

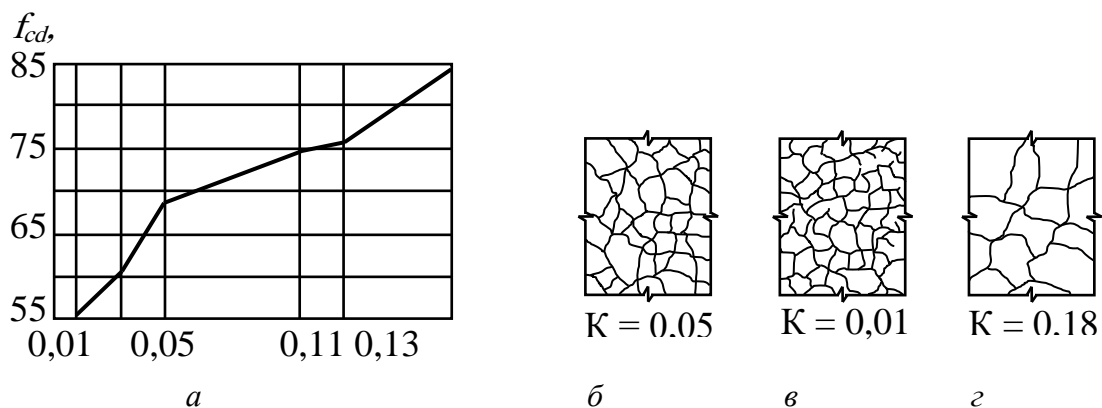
Організація структур композиційних будівельних матеріалів та конструкцій супроводжується зародженням та розвитком технологічних дефектів [1, 2, 3], наявність яких може спровокувати виникнення надзвичайних ситуацій. Отже, закладені в системі технологічні дефекти зберігають потенційну можливість свого розвитку при дії на неї зовнішніх навантажень і впливів та визначають фізико-механічні характеристики матеріалу. Тому було визначено завдання вивчення характеру пошкодженості матеріалу технологічними дефектами в залежності від його початкового складу та процесів організації структури.

В якості об'єкта досліджень прийнято цементний камінь з різною кількістю та дисперсністю мінеральних наповнювачів. У дослідженнях використовувався цемент Одеського заводу з середнім розміром зерен  $d_C = 25$  мкм. В якості мінеральних наповнювачів застосовувався мелений і розсіяний на фракції кварцовий пісок ( $d_H/d_C = 1,0$ ;  $d_H/d_C = 3 \dots 5$ ;  $d_H/d_C = 5 \dots 10$ ). Кількість наповнювачів складала 20 % за масою.

Технологічну пошкодженість оцінювали за коефіцієнтом пошкодженості – відношення площі, обмеженої поверхневими тріщинами  $S_0$  до площі, на якій проявилися ці тріщини,  $S_T$  (1) (у нашому випадку – на трьох гранях зразка розміром  $4 \times 4 \times 16$  см):

$$K = S_0 / S_T. \quad (1)$$

Максимальне зниження пошкодженості спостерігається зі збільшенням розміру частинок наповнювача в 5...9 разів. Міцність при стисканні у цьому випадку збільшується на 25 % (рис 1, а).



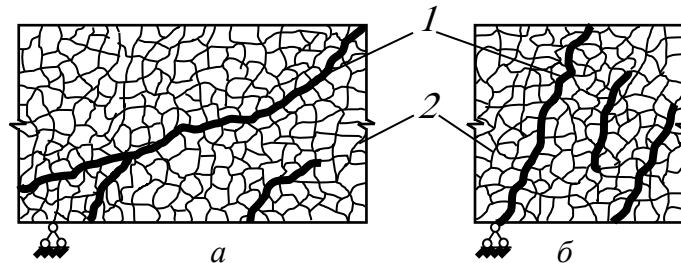
**Рис. 1. Вплив технологічної пошкодженості на механічні характеристики (а) та характер тріщиноутворення (б-г) цементних композицій.**

Зменшення розміру частинок кварцового наповнювача підвищує пошкодженість зразків, що веде до зниження їхньої міцності на 11...18 % (рис.1, а).



Аналіз характеру пошкодженості зразків показав, що при різних кількісних показниках зберігається загальна картина їх розподілу на поверхні (рис. 1, б-г).

Подібний розподіл спадкових тріщин зберігається в залізобетонних конструкціях, що визначає характер їх тріщиноутворення, деформації та несучу здатність. Для підтвердження цього вивчався характер руйнування залізобетонних балок розміром  $10 \times 15 \times 120$  см, виготовлених з бетону  $f_{cd} = 36,1$  МПа при витраті цементу  $390 \text{ кг/м}^3$  (рис. 2, а, б).



**Рис. 2. Вплив технологічної пошкодженості та геометричних параметрів на характер руйнування конструкції: 1 – силові тріщини; 2 – технологічні тріщини.**

Перед навантаженням залізобетонних балок фіксувалися технологічні поверхневі тріщини [2], характерний малюнок яких відрізнявся від малюнка тріщин на цементних зразках.

Встановлено, що силові тріщини розкриваються на технологічних тріщинах (поверхнях розділу між структурними блоками) (рис. 2, а, б). Збільшення навантаження до  $0,6V_u$  спричиняє зростання нормальних тріщин до  $0,3h$ . Траєкторії розвитку цих тріщин повторюють траєкторію технологічних поверхневих тріщин. Це дозволяє зробити висновок про спадковий вплив характеру тріщиноутворення конструкції під навантаженням. Розкриття технологічних тріщин, обумовлене збільшенням зовнішнього навантаження, викликає загальну зміну напружено-деформованого стану балок. Отже, подібна зміна викликає порушення міжблочної структури та властивостей матеріалу у локалізованих областях. Це повинно ускладнити зміну напружено-деформованого стану, що при навантаженні  $(0,6 \dots 0,8)V_u$  викликає появу похилих тріщин у серединних (за висотою) перерізах балок. Причиною появи тріщин можна вважати локалізацію зсувних деформацій і напружень при зміні напружено-деформованого стану балок у результаті розвитку нормальних експлуатаційних тріщин.

Збільшення навантаження вище  $0,8V_u$  викликає розкриття похилої тріщини та зміщення її берегів аж до руйнування балки. Загальна зміна характеру розвитку експлуатаційних тріщин не змінює мікротраєкторію їхнього зростання – силові тріщини проростають за межами структурних блоків (рис. 2, а, б).

#### ЛІТЕРАТУРА

1. S.B. Fic, V.N. Vyrovoy, V.S. Dorofêev. Procesy samoorganizacji struktury kompozytowych materiałów budowlanych, Lublin, 2013.
2. V. Dorofeev, H. Zinchenko, N. Pushkar. The Influence of Concrete Structure on the Destruction of Reinforced Concrete Bended Elements. 2020. P. 103–111.
3. V. Malakhov, S. Vykydanets, N. Pushkar. Influence of quantity and quality of filler on technological damage of reinforced concrete beams. 2019. P. 328–334.

## ДЕЯКІ ПИТАННЯ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

*Єлісєєв В.Н.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Миргород О.В.<sup>2</sup>, к.т.н., с.н.с., доцент,  
Пирогов О.В.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент*

<sup>1</sup>*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту,  
<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України*

Питання безпеки держави загалом, безпеки у надзвичайних ситуаціях (НС) зокрема, а також управління цією безпекою останнім часом розглядається як стратегічне завдання держави. У Кодексі цивільного захисту України [1] визначено, що цивільний захист є функцією держави щодо захисту населення та територій від надзвичайних ситуацій шляхом запобігання таким ситуаціям, ліквідації їх наслідків у мирний час та особливий період і здійснюється за принципом максимально можливого, економічно обґрунтованого зменшення ризику виникнення НС.

А термін «управління ризиком НС» визначається як здійснення діяльності будь-якої структури в небезпечній природній, техногенній, соціальній або військовій ситуації, що базується на прогнозуванні або оцінці ризику та прийомах його зниження.

У Законі України «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності» [2] ризик визначено як кількісний захід небезпеки, що враховує ймовірність виникнення негативних наслідків від провадження господарської діяльності та можливий розмір втрат від них. Це можна представити формулою:

$$R_{НС} = P_{НС} \cdot W_{НС}, \quad (1)$$

де  $R_{НС}$  – ризик виникнення НС;  
 $P_{НС}$  – імовірність виникнення НС;  
 $W_{НС}$  – втрати від НС.

Види та рівні ризиків, що використовуються в технічній документації при оцінці рівня небезпеки технічних об'єктів держави, наведено у «Методичі визначення ризиків та їх прийнятих рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки» [3].

В наш час у світі зростає занепокоєння через відчутне збільшення кількості надзвичайних ситуацій природного, техногенного, соціального та військового характеру. Це вимагає вжиття заходів щодо вдосконалення управління рівнями безпеки. Одним із таких заходів є перехід до методів управління ризиками НС на підставі аналізу та оцінки ризику як кількісної характеристики небезпеки для населення та навколишнього середовища від небезпечних об'єктів. При цьому ризик повинен оцінюватися не лише в нормальних умовах безаварійної експлуатації, а й у разі НС техногенного, природного, соціального та військового характеру.

Так, при розрахунку індивідуального ризику загибелі людини необхідно враховувати різні фактори, такі як: небезпечні фактори соціального, військового, техногенного та природного характеру; можливість виникнення небезпечних обставин, показники потужності цих обставин, територіального розміщення джерел небезпеки; захищеність об'єктів щодо вражаючих чинників джерела небезпеки; фінансові та матеріальні витрати на реалізацію заходів щодо запобігання впливу небезпечних факторів.

Міжнародний досвід дій у НС свідчить, що деякі держави для ліквідації масштабних надзвичайних ситуацій змушені звертатися за допомогою. Ефективна організація

цивільного захисту населення на національному рівні неможлива без широкого та активного міжнародного співробітництва. До причин, що спонукають поєднувати зусилля міжнародного співтовариства з метою вирішення завдань масштабних надзвичайних ситуацій, належать: глобальний характер окремих надзвичайних ситуацій; транскордонне поширення у деяких випадках небезпечних факторів у НС.

Перехід на систему аналізу та управління ризиками НС є основою забезпечення гарантованого рівня безпеки громадянина, суспільства, держави. Основними напрямками державної політики з питань управління ризиками є: формування законодавчої та нормативної бази безпеки на основі принципів управління ризиками з урахуванням вимог Європейського Союзу; запровадження нормування ризиків та використання у механізмах державного регулювання безпеки; фінансова підтримка досліджень та розробок методів, методик аналізу та оцінки ризиків НС, прогнозування їх розвитку; використання ризик-орієнтованого підходу в управлінні безпекою; розробка державних програм соціально-економічного розвитку на основі ризик-орієнтованого підходу.

Для того, щоб кількісно визначити величину ризику, необхідно знати всі можливі наслідки певної дії та ймовірність самих наслідків. Імовірність означає можливість отримання конкретного числового результату.

Кількісна оцінка збитків від НС залежить від багатьох факторів, наприклад, від кількості людей, які перебували в небезпечній зоні, кількості тих матеріальних цінностей, які там знаходилися. Очікувані наслідки НС визначаються як втрати. Кожен окремий вид втрат має кількісний вираз. Наприклад, кількість загиблих, поранених або хворих, площа зараженої території, площа лісу, що вигорів, вартість зруйнованих споруд і т.д.

Виходячи з формули ризику (1) основним заходом ступеня небезпеки є імовірність з якою вона може виявитися. Імовірність – це числова характеристика можливості того, що випадкова подія відбудеться в умовах, які можуть бути відтворені необмежену кількість разів. Імовірність є основним поняттям розділу математики, що називається теорією ймовірностей [4].

Тому розробка ефективної системи управління ризиками надзвичайних ситуацій та її реалізація постає як головна передумова підвищення готовності та ефективності функціонування єдиної державної системи цивільного захисту щодо запобігання та подолання наслідків надзвичайних ситуацій.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України від 02.10.2012 р. № 5403-VI. «Кодекс цивільного захисту України». К., 2012.
2. Закон України від 05.04.2007р. № 877-V «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності».
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 15.02.2002 р. № 175 «Про затвердження Методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру».
4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей [Текст] / Е.С. Вентцель. М. Наука, 1969. 578 с.



## СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ЩОДО ОПТИМІЗАЦІЇ РЕГІОНАЛЬНИХ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ СТРУКТУР ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

*Іванець Г.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,*

*Іванець М.Г.<sup>2</sup>, к.т.н.*

*<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,*

*<sup>2</sup>Харківський Національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба*

Останнім часом у всьому світі спостерігається стійка тенденція щодо зміни клімату, підвищення рівня сейсмічної активності земної кори, зростання розмірів та потужності технічних систем, прогресуючого втручання людини в природу. Все це призводить до виникнення надзвичайних ситуацій і їх складових за видами, рівнями і регіональним розподілом, наслідки яких негативно впливають на економіку країни, оточуюче навколишнє середовище, супроводжуються не тільки матеріальними, але й людськими втратами.

Наявність в Україні значних територій з несприятливим природним впливом та схильністю до проявів небезпечних природних явищ підсилює гостроту проблеми забезпечення національної безпеки держави з метою сталого розвитку країни. Наприклад, тільки за останні п'ять років в Україні виникло 795 надзвичайних ситуацій, внаслідок яких загинуло 1266 та постраждало 5213 людей, завдано матеріальних збитків державі на 1599 мільйонів гривень.

Забезпечення захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій різного характеру є однією з найважливіших задач цивільного захисту держави, яка гарантує безпечні умови життєдіяльності своїх громадян шляхом попередження, своєчасного реагування та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях потребує надійного функціонування системи реагування на надзвичайні ситуації, адекватної рівням і характеру загроз. Кожному регіону України властиві свої рівні техногенних, природних та соціальних загроз, які потрібно враховувати для адекватного реагування на надзвичайні ситуації. Порівняльні оцінки ризиків надзвичайних ситуацій різних регіонів України суттєво різняться, що зумовлено як розвитком їхнього промислового комплексу, природо-ресурсним потенціалом, екологічною й соціальною ситуацією. Ризики виникнення надзвичайних ситуацій в регіонах України обумовлюються як природними чинниками та гідрометеорологічними явищами, так і станом основних фондів підприємств, наявністю потенційно-небезпечних об'єктів, інших економічних та соціальних показників розвитку. Для успішного виконання завдань щодо попередження, ліквідації та мінімізації наслідків надзвичайних ситуацій чисельність сертифікованих сил цивільного захисту в кожному регіоні держави повинна відповідати рівню та характеру загроз для населення та території регіону.

Кожний регіон України має свою територію з відповідною кількістю населення, властиві свої рівні техногенних і природних небезпек, які потрібно враховувати для попередження надзвичайних ситуацій та адекватного реагування на них. Небезпечні чинники, які впливають на ризики надзвичайних ситуацій на території регіону, визначаються особливостями географічного положення території, різноманіттям синоптичних процесів, наявністю потужного промислового комплексу, кількістю та властивостями потенційно небезпечних об'єктів та пожежовибухонебезпечних об'єктів, площею території, характером місцевості, чисельністю населення, станом техногенної безпеки об'єктів життєзабезпечення населення, газопроводів, енергосистем. Найбільшу небезпеку для території та населення регіонів України в техногенному відношенні становлять радіаційна, хімічна, пожежна та вибухова безпеки, аварії на транспорті, системах життєза-

безпечення, пожежі (вибухи) та надзвичайні ситуації, пов'язані з раптовим руйнуванням будівель і споруд. Серед надзвичайних ситуацій природного характеру найбільшу небезпеку становлять пожежі в природних екосистемах, надзвичайні ситуації метеорологічного та медико-біологічного характеру, процеси підтоплення, зсувні та карстові процеси, просідання лесових ґрунтів та комплексні гідрометеорологічні явища. Надзвичайні ситуації соціального характеру пов'язані з психологічними особливостями людини, її положенням в суспільстві, соціальною несправедливістю, напруженістю в між групових, міжрелігійних і національних відносинах, а також з негативними соціальними процесами, які приводять до знищення етичних норм і соціальної стійкості особистості. Найбільш небезпечними в техногенному відношенні є: Донецька, Луганська, Дніпропетровська, Запорізька, Харківська, Одеська, Миколаївська та Київська області. Найбільша природна загроза притаманна для Львівської, Миколаївської, Донецької, Луганської областей та АР Крим. Найбільш напружена соціальна-політична обстановка спостерігається у Донецькій, Дніпропетровській, Вінницькій областях та АР Крим. Високі ризики загинути внаслідок надзвичайних ситуацій характерні для Донецької, Луганської, Дніпропетровської, Київської, Харківської, Запорізької та Одеської областей.

Небезпека для території та населення держави (регіону) характеризується не тільки інтенсивністю (середньостатистичною щорічною кількістю) надзвичайних ситуацій та щільністю проживаючого населення, але й тяжкістю наслідків від надзвичайних ситуацій. Надзвичайні ситуації приводять до негативної дії на суспільство, особистість, навколишнє середовище, в результаті чого їм може бути заподіяний збиток – людський, соціальний, економічний, екологічний. Соціальний, економічний та екологічний збитки можна оцінити у вартісному вираженні, тобто збитки – це оцінені в грошовому вираженні можливі наслідки. Людські збитки - це перш за все загибель людей внаслідок надзвичайних ситуацій. Загрози загибелі людей внаслідок надзвичайних ситуацій характеризуються індивідуальними ризиками загибелі при виникненні надзвичайної ситуації.

Тому кількісна характеристика небезпеки для території та населення держави (регіону) може бути представлена у вигляді добутку середньостатистичної щорічної кількості надзвичайних ситуацій з врахуванням щільності проживаючого населення, можливих матеріальних збитків та індивідуального ризику загинути внаслідок надзвичайних ситуацій. Порівняльна оцінка небезпеки для території та населення регіону здійснюється шляхом зіставлення статистичних показників небезпеки відповідно для регіону та держави. В умовах дефіциту коштів та скрутного економічного становища в державі виникає задача оптимального розподілу сил та засобів в межах регіонів країни для якісного виконання поставлених перед ними завдань. В якості критерію оптимізації будемо вважати вимогу того, що чисельність сертифікованих сил цивільного захисту в кожному регіоні повинна відповідати рівню техногенних, природних та соціальних загроз на цій території. Запропонований підхід щодо оптимізації регіональних територіальних структур цивільного захисту України дозволяє проводити розрахунки з метою оптимізації наявних сил по регіонах держави з урахуванням потенційного стану техногенно-природно-соціальної загрози на цих територіях.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Іванець Г.В. Аналіз стану техногенної, природної та соціальної небезпеки адміністративно-територіальних одиниць України на основі даних моніторингу. *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил*. Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2016. Вип. 3 (48). С.142–145.
2. Іванець Г.В., Горелишев С.А., Іванець М.Г. Статистичний метод оцінювання загроз територіям та населенню адміністративно-територіальних одиниць держави. *Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України*. Харків, 2019. Вип. 2 (34). С. 51–67.

## ЗАКОНОДАВЧА ДОВІДКА ЩОДО ЗАПОБІГАННЯ ПОЖЕЖ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ГОРІННЯМ ОПАЛОГО ЛИСТЯ І СУХОЇ ТРАВИ

*Лобачов А.М.<sup>1</sup>,  
Рашкевич Н.В.<sup>2</sup>, PhD*

*<sup>1</sup>17 ДПРЧ 2-го ДПРЗ ГУ ДСНС України Кіровоградської області,  
<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України*

З настанням теплої погоди пожежі на відкритій території (житлової забудови, приватних домоволодінь, місць загального користування в межах та поза межами населених пунктів) для навколишнього природного середовища та населення стають справжнім лихом. Небезпека полягає в забрудненні компонентів довкілля, знищенні флори та фауни, загрозі людському життю та здоров'ю.

У більшості випадків пожеж винуватцями виявляються саме люди. Внаслідок господарської роботи – спалюючи опале листя, суху траву, гілки – вогонь часто виходить з-під контролю, рис. 1. Небезпечним є спалювання сухої рослинності чи її залишків поблизу будівель та споруд житлового сектору або на полях поблизу лісових масивів. За умов відсутності довгий час опадів, наявності вітру данні пожежі (рис. 1), особливо восени, мають масовий характер, дуже швидко поширюються та охоплюють великі площі.



**Рис. 1. Фототаблиця місця пожежі:** а) загальний вигляд території де виникла пожежа; б) місце виникнення пожежі.

В рамках запобігання пожеж, пов'язаних з горінням опалого листя і сухої трави, особливу увагу потрібно звертати як на посилення просвітницької діяльності щодо небезпечного впливу на довкілля і населення, так й на посилення відповідальності за порушення законодавчих вимог.

Відповідно до статті 50 Конституції України [1], статті 9 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» [2] кожному громадянину України гарантоване право на безпечне для життя і здоров'я довкілля та на відшкодування завданої порушенням цього права шкоди. Відповідно до статті 12 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» громадяни України зобов'язані: а) берегти природу, охороняти, раціонально використовувати її багатства відповідно до вимог законодавства про охорону навколишнього природного середовища; в) не порушувати екологічні права і законні інтереси інших суб'єктів [2].

Статті 16 і 22 Закону України «Про охорону атмосферного повітря» [3] забороняють спалювання листя.



Пункт 3.6.14 Правил утримання жилих будинків та прибудинкових територій [4] наголошує, що спалювання всіх видів відходів на території домоволодінь і в сміттєзбірниках забороняється.

Пункт 4.2 Правил утримання зелених насаджень населених пунктах України [5] наголошує, що на об'єктах благоустрою зеленого господарства забороняється спалювати суху рослинність, розпалювати багаття та порушувати інші правила протипожежної безпеки; пункт 9.1.19 – спалювати листя категорично забороняється.

В Правилах пожежної безпеки в Україні [6] зазначено: пункт 1.1 глави 1 розділу III – опале листя, необхідно регулярно видаляти (вивозити) у спеціально відведені місця; пункт 11.2 глави 11 розділу VI – розпалювання багать для спалювання сухого листя, бадилля, сміття на території житлових будинків, індивідуальних (садибних) житлових будинків, садових, дачних будинків дозволяється на відстані не менше 15 м від житлових та господарських будинків та споруд. Забороняється розведення багать у вітряну погоду.

Обов'язок щодо запобігання випалюванню сухої рослинності та відповідальність за порушення правил пожежної безпеки покладається на землекористувачів (власників, орендарів). Порушення вимог тягтиме за собою штрафи від 3 060 до 6 120 гривень, а для посадових осіб – від 15 300 до 21 420 гривень. За ті самі дії, вчинені в межах територій та об'єктів природно-заповідного фонду, доведеться заплатити від 6 120 до 12 240 гривень [7]. За самовільне випалювання рослинності або її залишків передбачена адміністративна та кримінальна відповідальність, що визначені Кодексом України про адміністративні правопорушення стаття 77<sup>1</sup> [8], Кримінальним кодексом України стаття 245 [9].

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Конституція України. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1996, № 30, ст. 141. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#Text>.
2. Про охорону навколишнього природного середовища: закон України. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1991, № 41, ст. 546. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>.
3. Про охорону атмосферного повітря: закон України. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1992, № 50, ст. 678. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12#Text>.
4. Про затвердження Правил утримання жилих будинків та прибудинкових територій: наказ Держжитлокомунгосп України від 17.05.2005 р. № 76. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0927-05#Text>.
5. Про затвердження Правил утримання зелених насаджень населених пунктах України: наказ Мінбуд України від 10.04.2006 р. № 105. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0880-06#Text>.
6. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні: наказ МВС України від 30.12.2014 р. № 1417. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text>.
7. Про прийняття за основу проекту Закону України про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо посилення захисту лісів, запобігання пожежам на землях лісового та водного фонду, торфовищах та на землях інших категорій: Постанова Верховної Ради України. Законопроект № 3526. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/836-IX#Text>.
8. Кодекс України про адміністративні правопорушення. Відомості Верховної Ради Української РСР (ВВР) 1984, додаток до № 51, ст. 1122. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/80731-10#Text>.
9. Кримінальний кодекс України. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2001, № 25-26, ст.1 31) URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2341-14#Text>.

**ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ**

*Ляшевська О.І., к.н. з держ.упр., доцент  
Національний університет цивільного захисту України*

Ризик-орієнтований підхід застосовується для об'єктивної оцінки стану пожежної безпеки об'єкта господарювання. Необхідно проводити аналіз статистичних даних щодо кількості пожеж у визначеній галузі. Важливо також визначити і можливі наслідки від ймовірної пожежі. Згідно статистичних даних в Україні існують сталі тенденції щодо збільшення пожеж та зростання збитків завданих ними. Так, середній показник пожеж на 1 тисячу людей у нашій державі становить 1,57, а в Румунії – 0,56, Молдові – 0,61, Туреччині – 0,84. За величиною ризику загибелі людей від пожеж Україна порівняно із такими країнами, як Казахстан, Китай, США, Японія, Північна Корея, Великобританія, Франція, Італія [1].

Аналіз статистичних даних щодо кількості пожеж дає підстави стверджувати про недостатній рівень забезпечення пожежної безпеки в Україні.

Відповідно до статистики надзвичайних ситуацій техногенного характеру, причини їх виникнення в значній кількості пов'язані із пожежами, що дає підстави для актуалізації питань щодо розгляду існуючих механізмів ризик-орієнтовного підходу та запровадження державної системи управління ризиками пожежної небезпеки. Так, у більшості розвинутих країн оцінювання рівня забезпечення безпеки складається з аналізування й оцінювання ризику, що дає можливість здійснення заходів із управління ризиками пожежної небезпеки та цілеспрямованого регулювання з метою зниження їх значень до прийняттого рівня. Одним із новітніх механізмів державного регулювання у сфері пожежної безпеки є запровадження в Україні ризик-орієнтовного підходу.

Діяльність наглядових органів у сфері пожежної та техногенної безпеки має бути спрямованою, у тому числі, на зниження рівнів відповідних пожежних ризиків. Оптимізація наглядової діяльності дозволяє упорядкувати організаційно-управлінські функції через досягнення балансу між напрямками роботи. Тобто, при зниженні кількості контрольних заходів більше уваги приділити інформаційній роботі, консультуванню або іншим формам профілактики, що мають велике значення з точки зору обізнаності суб'єктів господарювання вимогам діючого законодавства у сфері пожежної та техногенної безпеки. Тому такий підхід буде сприяти зниженню фінансової складової у забезпеченні системи державного управління [2].

Під механізмом ризик-орієнтовного підходу у системі оцінювання пожежної безпеки розуміється процес регулювання безпекою на основі кількісних показників, власне якими і є ризики, іншими словами ризик є мірою небезпеки або усвідомлена величина небезпеки. Ефективність державної системи регулювання на основі ризик-орієнтовного підходу доведено позитивним досвідом країн Європи, США. Можливо виділити дві причини, в силу яких ризик-орієнтований підхід все більш активно використовується у сфері нагляду (контролю) в якості основи для планування і організації діяльності:

– управління ризиками дозволяє більш точно і повно ідентифікувати потенційні джерела загроз, пов'язані з діяльністю суб'єктів господарювання, та спланувати етапність застосування мір щодо їх запобігання;

– управління ризиками оптимізує наглядову діяльність, бо встановлення наявності на об'єктах господарювання значного ризику для життя і здоров'я людей, навколишнього середовища або майна дозволяє сконцентрувати зусилля навколо таких об'єктів, а на об'єктах з прийнятним рівнем ризику знизити заходи контролю.

Оптимізація наглядової діяльності дозволяє упорядкувати організаційно-управлінські функції через досягнення балансу між напрямками роботи. Наприклад, при зниженні кількості контрольних заходів більше уваги приділити інформаційній роботі, консультуванню або іншим формам профілактики, що мають велике значення з точки зору обізнаності суб'єктів господарювання вимогам діючого законодавства у сфері пожежної та техногенної безпеки. В цілому такий підхід сприяє зниженню фінансової складової у забезпеченні системи державного управління [3].

Впровадження ризик-орієнтованого підходу в частині визначення ризиків небезпеки, крім можливості ідентифікації потенційних джерел небезпеки та оцінки рівня наслідків від них, реалізує і інші можливості:

- дозволяє знизити корупційну складову в державних органах влади;
- стимулює впровадження суб'єктом господарювання новітніх систем протипожежного захисту та підвищення рівня протипожежного захисту об'єкта;
- надає певну свободу суб'єкту господарювання щодо вибору рішень направлених на зниження ризику;
- підвищує інформованість зацікавлених сторін щодо рівня пожежної безпеки об'єктів господарювання.

Ризик-орієнтований підхід ототожнюється із прийняттям певних рішень, які забезпечують прийнятний рівень ризику та включає такі етапи: оцінка ризику; зниження ризику; внутрішній контроль, управління та моніторинг ризику.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Звіт про основні результати діяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій у 2021 році. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/17-civik-2018/zvit2021/zvit2021-dns.pdf>.
2. International Finance Corporation (IFC), Managing rizik in the look of the world: attention, methodology and practice. URL: <http://www.ifc.org/europe/belarus> (Accessed 01 November 2018).
3. Международная финансовая корпорация (IFC), Управління ризиками в наглядовій діяльності: огляд, методологія і практика застосування [Електроний ресурс]. URL: <http://www.ifc.org/europe/belarus>.

## ОСНОВНІ ЕТАПИ ОЦІНКИ РИЗИКУ

*Ляшевська О.І., к.н. з держ.упр., доцент,*

*Яценко О.А., к.е.н., доцент*

*Національний університет цивільного захисту України*

Оцінка ризику є основним етапом ризик-орієнтованого підходу оскільки від вірності та повноти проведення цього етапу залежить адекватність прийнятих заходів. Він є один з найбільш трудомістких та значно залежить від професійності фахівців що його здійснюють. На етапі оцінки ризику передбачається:

- аналіз і усвідомлення ризику;
- вибір найнесприятливіших ризиків;
- розрахунок ризику;
- оцінювання розрахункового значення ризику.

Аналіз ризиків являє собою процес зі збору та обробки інформації, яка допомагає визначити параметри ризику: ідентифікувати можливі джерела і фактори ризику, описати найбільш ймовірні сценарії розвитку пожежі, оцінити можливий масштаб наслідків. Під час вибору несприятливих ризиків слід визначитись, що є подією ризик появи якої оцінюється.

В зарубіжних країнах застосовані такі види несприятливих пожежних ризиків:

- смерть людини на пожежі або в наслідок пожежі;
- травмування людини в наслідок пожежі;
- руйнування в наслідок пожежі будинків, споруд, що забезпечують життєдіяльність населення;
- нанесення шкоди оточуючому середовищу в наслідок пожежі.

В Україні на сьогоднішній день несприятливі наслідки від пожеж визначаються як: загибель людини на пожежі від дії небезпечних чинників пожежі та ймовірність (ризик) виникнення пожежі. Розрахунок ризику об'єднує в собі дані аналізу і доповнює їх розрахунком кількісного показника ризику. Під час розрахунку ризику, велику роль відіграє вибір методу оцінки ризику. Існує безліч способів оцінки ризиків, вимоги до таких методів, а також їх перелік визначаються міжнародними та національними стандартами країн у тому числі і в Україні [1–5].

Під час розрахунку ризиків найбільш широкого поширення набули три основні методи: якісні, кількісні та напівкількісні. Усі три методи можуть активно використовуватися при розрахунку ризиків, а використання того чи іншого методу найчастіше визначається ступенем необхідної деталізації і рівнем професійності фахівців. Якісні методи використовуються для того, щоб ідентифікувати джерела загрози. Вони використовуються на попередній стадії розрахунку ризиків. Якісний розрахунок часто призводить до опису можливої послідовності інцидентів. Якісний метод є менш складними методами в порівнянні з напівкількісним і кількісними методами.

За допомогою кількісних методів можна розрахувати ризик з точки зору ймовірності настання небажаної події та його можливих наслідків. Головною перевагою кількісного методу є те, що даний процес дозволяє структурувати механізм виявлення основних факторів ризику в цілому, а також визначити кількісні параметри ризику. Це вкрай важливо для прийняття рішення про адекватні заходи контролю над ризиком, тобто для ефективного управління ризиками. Кількісні методи більш точні та складні, вони потребують детального аналізу, супроводжуються використанням математичних моделей та відповідним розрахунком, моделюванням визначеного сценарію розвитку пожежі тощо. Приклади кількісних методів: статистичні методи (метод історичних даних), логістичні



методи (дерево аналізу подій), детерміністичні методи (засновані на математичних моделях).

Напівкількісні методи можуть використовуватися як для ідентифікації ризиків, так і для вимірювання ступеня ризиків. В результаті дані напівкількісного розрахунку містять оцінку наслідків і ймовірності інциденту. Напівкількісні методи використовуються для визначення можливих загроз після небажаних пригод. До цієї групи належать такі методи, як індексний метод, метод кількісної градації і інші методи, в яких загрози ранжуються відповідно до системи балів. Під час оцінювання розрахункового значення ризику здійснюють його порівняння з прийнятним рівнем ризику. В Україні прийнятний рівень ризику встановлений Концепцією складає  $10^{-5}$ , а згідно діючого стандарту визначений на рівні  $10^{-6}$  [6].

Висновок. Реалізація ризик-орієнтовного підходу може виступати вагомим важелем системи державного регулювання у сфері пожежної безпеки. Запровадження оцінювання пожежного ризику об'єктів господарської діяльності у державній системі нагляду (контролю) сприятиме підвищенню рівня її ефективності та прийняттю управлінських рішень щодо:

- заходів пожежної профілактики або протипожежного захисту нових або існуючих об'єктів будівництва, зокрема, будинків, де важливі аспекти ймовірності виникнення пожежі або надійності протипожежних заходів;
- забезпечення відповідного рівня безпеки, який передбачено нормативними документами, оцінювання співвідношення між витратами та перевагами щодо зниження ризику, які забезпечує пропозиція, а також для вивчення прийнятного ризику спеціально щодо подій, що мають тяжкі наслідки;
- здійснення загального управління або підтримки вибору сценаріїв та інших елементів детерміністичного аналізу.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ ISO 16732-1:2018 (ISO 16732-1:2012, IDT) Інжиніринг пожежної безпеки. Оцінювання пожежного ризику. Ч. 1. Загальні положення.
2. CAN/CSA-Q850 Управління ризиками. Керівництво для прийняття рішень.
3. Технічне керівництво SFPE з оцінки пожежного ризику.
4. NFPA 551 «Керівництво з аналізу оцінки пожежного ризику».
5. BS 7974 «Застосування принципів пожежно-технічного аналізу під час проектування будинків. Звід правил».
6. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 22 січ. 2014 р. № 37-р «Про схвалення Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру» [Електронний ресурс]. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/37-2014-p>.

**ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ЗАХИСТУ ЦИВІЛЬНОГО НАСЕЛЕННЯ ВІД  
НЕБЕЗПЕЧНИХ ЧИННИКІВ АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ТА РАКЕТНОГО ВОГНЮ  
ПІД ЧАС ВОЄННИХ (БОЙОВИХ) ДІЙ**

*Майборода Р.І.,*

*Отрош Ю.А., д.т.н., професор,*

*Ромін А.В., д.н. держ. упр., професор*

*Національний університет цивільного захисту України*

Війна в міських умовах (англ. *Urban warfare*) – бойові дії, що проводяться в населених районах, як в невеличких містах так і в мегаполісах. Сучасні бойові дії в містах, майже завжди проводяться за допомогою великої кількості артилерійського вогню та повітряної підтримки, починаючи від винищувачів-штурмовиків і закінчуючи важкими бомбардувальниками, системами залпового вогню [1].

Так як не завжди є можливість проведення своєчасних евакуаційних заходів із зони воєнних (бойових) дій, тому виникає необхідність захисту цивільного населення міст від небезпечних чинників артилерійського та ракетного вогню, що використовується під час ведення бойових дій.

На даний час нормативним документом ДБН В 2.2.5-97 «Захисні споруди цивільної оборони» передбачено подібні «безпечні сховища» у вигляді захисних споруд цивільної оборони які призначаються для захисту в мирний час персоналу, який переховується від наслідків аварій, катастроф та стихійного лиха, які загрожують масовому ураженню людей, а також у воєнний час – від сучасної зброї масового ураження [2]. Одночасно главою 7, Кодексу цивільного захисту України, визначенні основні заходи щодо укриття населення у захисних спорудах цивільного захисту та проведення евакуаційних заходів. Питання щодо порядку та механізму укриття саме цивільного населення в зоні воєнних (бойових) дій, чинним законодавством конкретно не визначено та не вивчено.

Аналізуючи дані стосовно наявності захисних споруд цивільного захисту (сховищ, протирадіаційних укриттів, швидкосторуджувальних захисних споруд цивільного захисту), вимоги нормативних документів щодо спорудження нових, виникає питання щодо не забезпечення в повному обсязі захисними спорудами цивільного захисту саме цивільного населення міст.

Метою даної роботи є розробка, моделювання, випробування «безпечних сховищ», що входять в комплекс житлових будинків різної поверховості та розраховані для укриття та захисту цивільного населення від небезпечних чинників артилерійського та ракетного вогню.

Так в умовах сучасної забудови, кожний житловий будинок незалежно від поверховості та кількості під'їздів зазвичай має у своєму складі технічний поверх, у вигляді підвального, підземного поверху та призначений для розміщення лише інженерного обладнання, прокладення комунікацій і не пристосовані для використання як укриття.

Пропонується проаналізувати можливість використання саме цих технічних поверхів (підвального, підземного) як «безпечних сховищ», після проведення з ними відповідних заходів в частині об'ємно-планувальних рішень, вимог механічного опору та стійкості, забезпечення відповідним інженерним обладнанням, санітарно-гігієнічні та екологічні вимоги, пожежної безпеки, доступності для маломобільних груп населення.

У разі отримання позитивних дослідницьких та фактичних результатів щодо безпечності та надійності таких «безпечних сховищ», подати досліди до відповідних орга-

нів для проведення їх схвалення та внесення до державних будівельних норм як обов'язковим елементом при новому будівництві. Одночасно розробити концепцію щодо можливості реконструкції існуючих об'єктів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Війна в міських умовах. Матеріал з Вікіпедії – вільної енциклопедії. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B0\\_%D0%B2\\_%D0%BC%D1%96%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D1%85\\_%D1%83%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%85](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B0_%D0%B2_%D0%BC%D1%96%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D1%85_%D1%83%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%85).
2. ДБН В 2.2.5-97 «Захисні споруди цивільної оборони»: наказ Держкоммістобудування України від 08.07.97 № 106. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=4653](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=4653).

**ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ У ПРИЙНЯТТІ РІШЕННЯ АДМІНІСТРАТИВНИМИ СУДАМИ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ ЗАХОДІВ РЕАГУВАННЯ У ВИГЛЯДІ ПОВНОГО АБО ЧАСТКОВОГО ЗУПИНЕННЯ РОБОТИ ПІДПРИЄМСТВА У РАЗІ НАЯВНОСТІ ПОРУШЕНЬ ВИМОГ ЗАКОНОДАВСТВА У СФЕРІ ТЕХНОГЕННОЇ ТА ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ, ЩО СТВОРЮЄ ЗАГРОЗУ ЖИТТЮ ТА ЗДОРОВ'Ю ЛЮДЕЙ**

*Майборода Р.І.,  
Отрош Ю.А., д.т.н., професор,  
Щолоков Е.Е.*

*Національний університет цивільного захисту України*

Одним з основними завданнями ДСНС України відповідно до «Положення про державну службу України з надзвичайних ситуацій» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2015 р. № 1052 є – здійснення державного нагляду (контролю) за додержанням і виконанням вимог законодавства у сфері цивільного захисту, пожежної та техногенної безпеки [1].

Заходи державного нагляду (контролю) здійснюються шляхом планових та позапланових заходів, які здійснюються у формі перевірок лише за підстав визначених Законом України «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності» [2].

Державний нагляд (контроль) здійснюється за принципом пріоритетності безпеки у питаннях життя і здоров'я людини, функціонування і розвитку суспільства, середовища проживання і життєдіяльності перед будь-якими іншими інтересами і цілями у сфері господарської діяльності [2].

Статтею 3 Конституції України визначено, що людина, її життя і здоров'я, честь і гідність, недоторканність і безпека визнаються в Україні найвищою соціальною цінністю. За змістом статті 27 Конституції України, обов'язок держави – захищати життя людини [3].

Згідно з ч. 2 статті 68 Кодексу цивільного захисту України [4], у разі встановлення порушення вимог законодавства у сфері техногенної та пожежної безпеки, що створює загрозу життю та здоров'ю людей, посадові особи ДСНС, звертаються до адміністративного суду щодо застосування заходів реагування у вигляді повного або часткового зупинення роботи підприємств, окремих виробництв, виробничих ділянок, агрегатів, експлуатації будівель, споруд, окремих приміщень.

Статтею 70 Кодексу цивільного захисту України [4] визначено, що підставою для звернення, до адміністративного суду щодо застосування заходів реагування у вигляді повного або часткового зупинення роботи підприємств, об'єктів, окремих виробництв, цехів, ділянок, експлуатації машин, механізмів, устаткування, транспортних засобів є, зокрема: недотримання вимог пожежної безпеки, визначених цим Кодексом, іншими нормативно-правовими актами, нормами і правилами; порушення вимог пожежної безпеки, передбачених нормами і правилами, під час будівництва приміщень, будівель та споруд виробничого призначення; випуск і реалізація вибухопожежонебезпечної продукції та продукції протипожежного призначення з відхиленням від вимог, визначених нормативно-правовими актами або без даних щодо відповідності такої продукції вимогам пожежної безпеки; нездійснення заходів щодо захисту персоналу від шкідливого впливу ймовірних надзвичайних ситуацій; відсутність на виробництвах, на яких застосовуються небезпечні речовини, паспортів (формулярів) на обладнання та апаратуру або систем із забезпечення їх безперебійної (безаварійної) роботи; невідповідність кількості засобів



індивідуального захисту органів дихання від небезпечних хімічних речовин нормам забезпечення ними працівників суб'єкта господарювання, їх непридатність або відсутність; порушення правил поведінки з небезпечними речовинами; відсутність або непридатність до використання засобів індивідуального захисту в осіб, які здійснюють обслуговування потенційно небезпечних об'єктів або об'єктів підвищеної небезпеки, а також в осіб, участь яких у ліквідації наслідків надзвичайної ситуації передбачена планом локалізації і ліквідації наслідків аварій; відсутність на об'єкті підвищеної небезпеки диспетчерської служби або її неготовність до виконання покладених на неї завдань, у тому числі через відсутність відповідних документів, приладів, обладнання або засобів індивідуального захисту; неготовність до використання за призначенням аварійно-рятувальної техніки, засобів цивільного захисту, а також обладнання, призначеного для забезпечення безпеки суб'єктів господарювання; проведення робіт з будівництва будинків та споруд, розміщення інших небезпечних об'єктів, інженерних і транспортних комунікацій, які порушують встановлений законодавством з питань техногенної безпеки порядок їх проведення або проведення яких створює загрозу безпеці населення, суб'єктам господарювання, обладнанню та майну, що в них перебувають.

Повне або часткове зупинення роботи підприємств, об'єктів, окремих виробництв, цехів, дільниць, експлуатації машин, механізмів, устаткування, транспортних засобів, здійснюється виключно за рішенням адміністративного суду [4].

Отже, орган ДСНС, який здійснює державний нагляд у сферах техногенної та пожежної безпеки, у разі виявлення факту недотримання вимог пожежної та техногенної безпеки, на підставі акту, складеного за результатами здійснених відповідних заходів (перевірок тощо), звертається до суду із позовом про застосування заходів реагування у вигляді повного або часткового зупинення роботи підприємств, об'єктів.

Аналізуючи через «Єдиний державний реєстр судових рішень» хід розгляду таких адміністративних справ, наведених та досліджених доказів, спростування і прийняті за результатами їх розгляду рішення, постійно виникає проблема, які саме порушення вимог законодавства у сфері техногенної та пожежної безпеки, створюють загрозу життю та здоров'ю людей.

Конкретного переліку порушень, які створюють загрозу життю та здоров'ю людей, у Кодексі та інших нормативних документах не наведено. Отже, це є оціночним поняттям, та виникає питання, чи створює виявлене порушення загрозу життю та здоров'ю людей у взаємозв'язку із встановленими обставинами, що мають значення для вирішення питання.

Тому є випадки у відмові позовних вимог органів ДСНС, навіть при наявності на об'єкті суб'єкта господарювання на момент розгляду справ, порушень вимог пожежної безпеки.

Опрацювавши значну кількість судових справ, судді виносять різні рішення навіть при аналогічних справах та порушеннях.

Наведемо деякі з тверджень: поняття «загрози життю та здоров'ю» є оціночним; всі порушення протипожежних норм в тій чи іншій мірі створюють загрозу життю та/або здоров'ю людей; саме контролюючий орган наділений повноваженнями щодо встановлення наявності або відсутності порушень у сфері техногенної та пожежної безпеки, та лише цей орган здійснює прогнозування імовірності виникнення надзвичайних ситуацій, визначає показники ризику; єдиним доказом усунення зафіксованих в акті перевірки порушень є результати повторної перевірки а не докази відповідача; при обранні виключного заходу реагування у вигляді повного припинення використання будівель та споруд судом має ураховуватися принцип співмірності обраного заходу реагування обсягу та ступеню тяжкості допущених порушень, а також дотримання справедливого балансу між інтересами відповідача і публічними інтересами; наявність загрози саме безпосередньо життю та здоров'ю людей (а не загрози виникнення пожежі) є обов'язковою умовою для застосування заходів реагування; необхідно виходити з того, чи можуть порушення,

що так і не були усунуті, призвести до реальної загрози життю та здоров'ю людей, адже важливим та необхідним є дотримання балансу наявності можливого ризику з негативними наслідками для суб'єкта господарювання, пов'язаними з блокуванням роботи підприємства [5].

Є випадки коли порушення, що відносяться до забезпечення безпечної евакуації людей з приміщень, відсутності чи не справності систем протипожежного захисту, протипожежного водопостачання, системи блискавкозахисту будівель та ряд інших були віднесені до таких, що самі по собі не несуть загрозу життю та здоров'ю людей.

Тому з метою належного виконання покладених державою на Державну службу України з надзвичайних ситуацій завдань щодо попередження виникнення пожеж, надзвичайних ситуацій, а також для збереження життя і здоров'я громадян, упорядкування прийняття відповідних рішень адміністративними судами, необхідно:

- визначити та внести до статті 70 Кодексу цивільного захисту України, вичерпний перелік порушень вимог законодавства у сфері техногенної пожежної безпеки які створюють загрозу життю та здоров'ю людей та будуть підставами для застосування заходів реагування у вигляді повного або часткового зупинення роботи підприємств, окремих виробництв, виробничих ділянок, агрегатів, експлуатації будівель, споруд, окремих приміщень через відповідні рішення адміністративних судів;
- зменшити строки розгляду адміністративних справ.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Положення про державну службу України з надзвичайних ситуацій: затв. постановою Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2015 р. № 1052. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1052-2015-%D0%BF#Text>.
2. Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності: закон України. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2007, № 29, ст. 389. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/877-16#Text>.
3. Конституція України. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1996, № 30, ст. 141. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#Text>.
4. Кодекс цивільного захисту України. Відомості Верховної Ради (ВВР), 2013, № 34-35, ст. 458. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>.
5. Єдиний державний реєстр судових рішень. URL: <https://opendatabot.ua/court/103371619-e415bbf506413b733df0e4b49040cbfb>; <https://youcontrol.com.ua/ru/catalog/court-document/98270472/>; <https://youcontrol.com.ua/ru/catalog/court-document/102070617/>; <https://youcontrol.com.ua/ru/catalog/court-document/101920042/>; <https://youcontrol.com.ua/ru/catalog/court-document/97758437/>; <https://youcontrol.com.ua/catalog/court-document/100820884/>; <https://youcontrol.com.ua/ru/catalog/court-document/99547978/>.

## ІНТЕГРОВАНІЙ ПРОЦЕС АДСОРБЦІЇ ІОНІВ АМОНІЮ ПРИРОДНИМИ ДИСПЕРСНИМИ СОРБЕНТАМИ

*Мальований М.С.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,*

*Чорномаз Н.Ю.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,*

*I. Bordun<sup>3</sup>, Doctor of Science,*

*Тимчук І.С.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,*

*Захарко Я.М.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент*

*<sup>1</sup>Національний університет «Львівська політехніка»,*

*<sup>2</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,*

*<sup>3</sup>Czenstochowa University of Technology*

Збільшення забруднення підземних вод амонійним азотом є небезпечною тенденцією, розвиток якої спостерігається в останні роки. Значний вклад у забруднення поверхневих вод вносять амонійвмісні стоки хімічної та нафтохімічної промисловості, целюлозно-паперової промисловості, чорної та кольорової металургії. Значну долю у забруднення поверхневих вод іонами амонію вносить також нераціональне використання добрив, які збагачені легкорозчинними сполуками азоту, забруднюють гідросферу сполуками азоту стічні води тваринницьких комплексів та фільтрати сміттєзвалищ.

Для очищення стічних вод від амонійного азоту отримали розповсюдження такі методи: віддування вільного аміаку, хлорування, озонування, переведення амонійного азоту  $\text{NH}_4^+$  до молекулярного азоту  $\text{N}_2$  біологічним способом, видалення амонійного азоту методом іонного обміну, адсорбція іонів амонію природними дисперсними сорбентами. Аналіз і порівняння з техніко-економічної точки зору методів вилучення амонійного азоту із водних розчинів дозволяє констатувати, що метод іонного обміну з використанням природних дисперсних сорбентів є одним із найефективніших. Очищення водних розчинів за допомогою дисперсних сорбентів відповідає багатьом вимогам екологічно чистого та енергоощадного виробництва, що базується на принципі безвідходності. Потужні геологічні запаси, дешеве видобування породи, проста підготовка до транспортування та використання, можливість використання відпрацьованих сорбентів у інших технологіях, завдяки чому відпадає потреба у дороговартісній регенерації - основні переваги використання природних мінералів.

У випадку використання природних сорбентів для очищення стоків від іонів амонію важливим завданням є вибір ступеня дисперсності сорбенту, що досягається застосуванням відповідних технологій розмелу. З однієї сторони чим більш дисперсний сорбент, тим більша поверхня масообміну та іонообмінна ємність сорбенту, з другої сторони із збільшенням тонини помелу ускладнюється відділення відпрацьованого сорбенту від очищеного водного середовища. Для оцінки оптимальної тонини помелу адсорбенту перспективним є аналіз процесу очищення із позицій інтегрованого двох стадійного процесу.

Інтегрований процес адсорбційного очищення забруднених іонами амонію стоків складається із двох стадій:

1. Адсорбція іонів амонію природними сорбентами у апараті з мішалкою.
2. Відділення відпрацьованих сорбентів від очищеного рідинного середовища.

Дослідження інтегрованого процесу адсорбції іонів амонію природними дисперсними сорбентами проводились в експериментальних умовах із використанням різних типів природних дисперсних сорбентів (палигорськіту, природного цеоліту, глауконіту). Аналіз результатів досліджень показав, що за інтенсивністю адсорбції у напрямку її зме-

ншення досліджувани сорбенти можна розмістити в ряду: природний цеоліт  $\Rightarrow$  палигорськіт  $\Rightarrow$  глауконіт.

Результати експериментів засвідчили, що максимальна адсорбційна ємність у відношенні до іонів амонію спостерігається у випадку застосування цеоліту та палигорськіту. Проте адсорбційна ємність глауконіту також достатньо велика, що дозволяє і його рекомендувати для застосування в технологіях очищення стоків від іонів амонію. Питання вибору конкретного адсорбенту у кожному випадку повинно вирішуватись шляхом техніко-економічного аналізу можливих варіантів із врахуванням ціни сорбенту, його адсорбційної ємності відносно забруднювача, характеристики очисного обладнання.

На основі аналізу експериментальних даних встановлено, що у випадку застосування як адсорбентів цеоліту та глауконіту, експериментальні ізотерми можуть бути апроксимовані прямолінійною ділянкою ізотерми Ленгмюра (Ізотермою Генрі). Для палигорськіту процес описується нелінійною ізотермою, тому для ідентифікації цього процесу відомим теоретичним моделям застосовувалась прикладна програма ідентифікації експериментальної ізотерми на відповідність теоретичним моделям Ленгмюра, Нікольського, бі-Ленгмюра та Френдліха. Аналіз результатів ідентифікації показав, що найбільш коректно описує процес ізотерма Ленгмюра.

Досліджувалась, також, друга стадія інтегрованого процесу – кінетика осадження в очищених стоках відпрацьованих, насичених іонами амонію, частинок природних сорбентів. Встановлено, що в початковий момент часу проходить інтенсивне осадження частинок крупних фракцій. Цей період відповідає стрімкому зниженню концентрації сорбенту у воді. Далі інтенсивність очищення знижується і визначається швидкістю осадження частинок найдрібнішої фракції. Як свідчать експериментальні дані, лімітуючою стадією процесу очищення є осідання найдрібніших фракцій, тому оцінку швидкості проводили саме для цього періоду. За початковий масовий вміст сорбенту у стоках приймали його значення для моменту переходу процесу в режим постійної низької інтенсивності осадження.

Досліджена можливість використовувати для інтенсифікації осадження відпрацьованого сорбенту ультразвуку. Встановлено, що не дивлячись на незначну інтенсифікацію осадження в полі ультразвукових хвиль, для самостійної інтенсифікації процесу осадження застосовувати ультразвук недоцільно через зростання енергетичних затрат. Отримані кінетичні коефіцієнти можна використовувати для розрахунку та вибору очисного обладнання.

Щодо реалізації інтегрованого процесу адсорбції іонів амонію природними сорбентами в цілому (із врахуванням особливостей протікання обох стадій), то з позицій часу реалізації він визначається тривалістю другої стадії – осадження відпрацьованого сорбенту. Тривалість цієї стадії у сотні раз перевищує тривалість стадії адсорбції іонів амонію сорбентами. Щодо мінімальних витрат сорбенту, то цей критерій оптимізації можна реалізувати задаючись максимальною дисперсністю сорбенту. Проте в цьому випадку значно зростає тривалість другої стадії інтегрованого процесу. Окрім того зростає вартість приготування сорбенту із причини збільшення енергетичних затрат на розмелювання.

Відпрацьований сорбент в подальшому доцільно використовувати в складі добрив пролонгованої дії як носія іонів амонію (одного із важливих елементів живлення рослин). Внесення ж природних сорбентів у ґрунтове середовище покращує структуру ґрунтів і сприяє підвищенню їх якісних характеристик.



## ПИТАННЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ

*Михайловська Ю.В.<sup>1</sup>, PhD,  
Nestorenko O.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Національний університет цивільного захисту України,*

<sup>2</sup>*Економічний університет у Братиславі, Словаччина*

Найважливішою функцією управління єдиною державною системою цивільного захисту (далі – ЄДСЦЗ) є планування її діяльності. Неабияку роль відіграє планування при вирішенні завдань захисту населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від надзвичайних ситуацій шляхом запобігання таким ситуаціям, ліквідації їх наслідків і надання допомоги постраждалим у мирний час та в особливий період [2].

Головна мета управління – це завчасне реагування на загрозу виникнення надзвичайної ситуації на основі даних моніторингу, експертиз, досліджень та прогнозів щодо можливого перебігу подій, а також забезпечення ефективного використання сил і засобів різного призначення, внаслідок чого роботи в зонах надзвичайних ситуацій мають бути виконані в повному об'ємі, в найкоротші терміни, з мінімальними втратами населення і матеріальних засобів [3].

За даними статистичних досліджень, надзвичайні ситуації (далі – НС), пов'язані з вибухами боєприпасів, складають досить значну частку тяжких НС техногенного характеру, які завжди супроводжуються травмуванням та загибеллю людей, руйнуванням об'єктів інфраструктури та багатомільйонними збитками [4].

В роботі [5] визначається, що за територіальним поширенням та обсягами технічних і матеріальних ресурсів з реагування на НС, кількістю загиблих або постраждалих та розмірами збитків НС внаслідок вибухів боєприпасів, як правило, мають регіональний рівень. Просторовий характер таких НС, наявність великої кількості населення в ураженій зоні, динаміка розвитку НС, жорсткі обмеження матеріальних резервів – ці та інші фактори обумовлюють важливість розгляду проблеми завчасного реагування на НС із застосуванням формальних підходів: моделей та методів, що уможливають визначення оптимального регламенту проведення оперативно-рятувальних операцій і підвищення ефективності управлінських рішень.

На підставі вищевикладеного та з метою завчасного реагування на загрозу виникнення надзвичайної ситуації або пом'якшення її можливих наслідків; а також зменшення можливих наслідків від ймовірної НС внаслідок вибухів боєприпасів відповідно до Звіту [1] Державна служба з надзвичайних ситуацій України (далі – ДСНС) у 2021 році продовжила виконання завдань з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій і пожеж, проведення відновлювальних робіт та гуманітарного розмінування в районі проведення операції Об'єднаних сил. Піротехнічними підрозділами ДСНС було забезпечено оперативне реагування на всі випадки виявлення населенням вибухонебезпечних предметів та виконання планових робіт з гуманітарного розмінування території України. Всього було здійснено 12 тис. 909 виїздів, виявлено, вилучено та знешкоджене 89 тис. 614 вибухонебезпечних предметів (далі – ВВП), із них 1 тис. 345 авіаційних бомб, обстежено та розміновано територію загальною площею 4 тис. 552 га та 173,6 га акваторії водних об'єктів, у тому числі під час гуманітарного розмінування територій Донецької та Луганської областей виявлено та знешкоджене 37 тис. 796 ВВП, обстежено та розміновано 1 тис. 833 га території та 14,24 га акваторії водних об'єктів.

Також, упродовж 2021 року було забезпечено реалізацію заходів щодо співробітництва у сфері протимінної діяльності з міжнародними організаціями, зокрема: Офісом

Координатора проектів ОБСЄ в Україні, Міжнародним Комітетом Червоного Хреста в Україні, НАТО, Програмою розвитку Організації Об'єднаних Націй, Женевським міжнародним центром гуманітарного розмінування, Данською радою у справах біженців, Представництвом «ХАЛО ТРАСТ» в Україні та Шведським центром протимінної діяльності (SWEDEC). У рамках реалізації спільного проекту ДСНС та Данської ради у справах біженців «Підготовка та залучення до виконання робіт з гуманітарного розмінування піротехнічних підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій – Фаза 2» на території Сєвєродонецького району Луганської області очищено 112 тис. 737 кв. м території, виявлено та знешкоджено 716 ВНП [1].

Таким чином, до загальних принципів планування діяльності ЄДСЦЗ можна віднести: цільову направленість; системність; безперервність; збалансованість; оптимальність використання ресурсів; адекватність рівня загрози та заходів реагування.

Ефективність прийняття управлінських рішень на етапі попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій є гранично важливим параметром стосовно ходу та результатів виконання робіт за планом попередження та реагування на НС.

При цьому слід зауважити, що всі вимоги, які пред'являються до планування, нерозривно пов'язані одна з одною і невиконання хоча б однієї з цих вимог призведе до того, що заплановані заходи не будуть виконані.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Звіт про основні результати діяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій у 2021 році. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/17-civik-2018/zvit2021/zvit2021-dns.pdf>.
2. Кодекс цивільного захисту України. Кодекс цивільного захисту України від 02 жовтня 2012 року № 5403-VI. [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.
3. Методичні рекомендації щодо розроблення планів з питань цивільного захисту [Електронний ресурс]. URL: <http://www.yu.mk.ua/uploads/files/2019/3/15/content/6642f23ece9933cd5ce4eaade39e5c41.pdf> (дата звернення 15.02.2022).
4. Новожилова М. В., Михайловська Ю. В. Розробка організаційно-технічного методу формування ресурсного забезпечення реагування на надзвичайні ситуації. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. Харків, 2020. № 2(32). С. 56–71.
5. Чуб І. А., Новожилова М. В., Михайловська Ю. В., Гудак Р. В. Розв'язання задачі покриття потреби в ресурсах при ліквідації надзвичайних ситуацій. *Радіоелектроніка та інформатика*. Харків, 2019. 1(84), №1. С. 64–70.

## РОЗБІР ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОГРАМИ PATHFINDER

*Морозова Д.М.,*

*Отрош Ю.А., д.т.н., професор,*

*Рибка Є.О., д.т.н., старший дослідник,*

*Тригуб В.В., к.т.н., доцент*

*Національний університет цивільного захисту України*

В програмі Pathfinder можливо моделювати рух людей під час евакуації. Програма включає в себе графічний інтерфейс для створення сценарію виникнення пожежі та інструменти для візуалізації результатів в 2D і 3D, що дає змогу розглянути траєкторію руху людей під час евакуації.

Основні переваги програми Pathfinder покладені в швидкому та реалістичному розрахунку евакуації людей при пожежі в порівнянні з іншими розрахунковими програмами. До можливостей програми відноситься:

– розрахунок часу евакуації. (Програма розраховує час скупчення людей біля проходів та виконує розрахунок часу евакуації по індивідуальним моделям руху);

– візуалізація полів небезпечних факторів пожежі разом із евакуацією людей. (Це дає змогу одночасно розглядати результати моделювання розповсюдження небезпечних факторів пожежі та моделювання евакуації людей);

– щільність людського потоку. (Моделювання при використанні «конттури», може відображати швидкість, завантаженість шляхів, можливість створення контуру користувача, пошук максимальних ті мінімальних значень. Конттури індивідуально налаштовуються за діапазоном значень, колірною шкалою та інше);

– можливість імпорту. ( В програмі Pathfinder можливо імпортувати AutoCAD файли у форматах DXF та DWG та використовувати імпорт даних із Fire Dynamics Simulator (FDS) та PyroSim. Також можна завантажувати зображення в форматі GIF, JPG або PNG та створювати на їх основі об'єкти);

– моделювання руху за допомогою сітки. (Використання трьох вимірної сітки на якій можна відобразити криві та геометричні деталі, це дозволяє проектувати безперервний рух по всій моделі);

– рух агентів до виходів. (Кожний агент (людина) використовує комбінацію параметрів вибору шляху до виходу)

– тривимірна високоякісна візуалізація. (Можливість моделювання людей різних національностей, віку, одягу та працівників рятувальних служб. Крім того, можливість створення відеороликів з результатами моделювання руху);

– ліфти. (Моделювання ліфтів, задання йому кількість поверхів посадки та висадки людей для кожного ліфта);

– сходи, ескалатори, доріжки, що рухаються, і рампи. (До них можна застосувати кількість ступенів, перепадів висоти та інше);

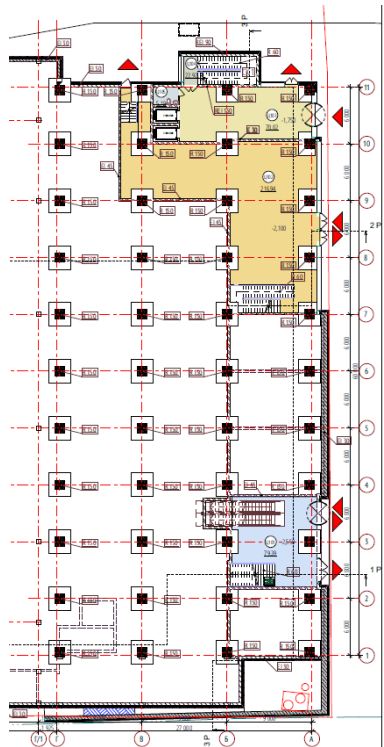
– індивідуальне налаштування людей. (В програмі люди представлені агентами характеристики яких можна налаштовувати для кожного індивідуально);

– перешкоди. (Сюди відносяться турнікети, столи, перегородки та інше. Програмою моделює час очікування, скупчення та процес проходження через перешкоду);

– результати. (Результати евакуації можна переглянути в тривимірній візуалізації, що дозволяє розглянути рух людей, переглядати запис, розглянути мінімальний, середній та максимальний час руху до виходу. Більш детальну інформацію з наведенням руху кожного агента можна розглянути в файлі CSV).

Для моделювання розрахунку часу евакуації людей з будинку необхідно створити модель будівлі. Для побудови були використані підкладки з файлів DWG рисунок 1.

При моделюванні в програмі Pathfinder достатньо використати підкладки з DWG файлів та розташувати їх на потрібній висоті, щоб імітувати висоту поверху. Побудова конструктивних елементів не передбачено в програмі Pathfinder, тому їх можна звантажити з готового файлу PSM розробленого в програмі Pyrosim.



**Рис. 1. План цокольного поверху на відмітці 2,550.**

Після завантаження підкладок моделюються шляхи евакуації з урахуванням підлоги, дверей, сходів та інших деталей приміщення. Потім додаються агенти, які створюються за двома групами параметрів – профілями і поведінками.

Профілі визначають фіксовані характеристики агентів, такі як максимальна швидкість, радіус, аватар і колір. Поведінка: задає список дій, які агент виконує під час моделювання, такі як рух в безпечну зону, очікування, рух до виходу.

Для агента можливо задати різні кольори через меню «Вид» - «Колір агента»:

– за замовчуванням. (Якщо для агента заданий індивідуальний колір, використовується цей колір; в іншому випадку використовується колір з профілю агента);

– по групі руху. (Для всіх агентів групи руху буде використаний один і той же колір. Якщо агент не є частиною групи, для нього використовується колір за замовчуванням);

– за шаблоном груп руху. (Якщо агент є частиною групи руху, що створюється за шаблоном груп, то агент буде розфарбований відповідно до кольору шаблону для його групи руху. В іншому випадку буде використаний колір за замовчуванням);

– по поведінці. (Агенти розфарбовуються у відповідність з кольором, заданому для їхньої поведінки);

– за профілем. (Агенти розфарбовуються у відповідність з кольором, заданому для їх профілю) [1].

## ЛІТЕРАТУРА

1. Керівництво користувача Pathfinder 2021.4. FireCat. URL: [https://www.pyrosim.ru/download/Pathfinder\\_rus\\_manual.pdf](https://www.pyrosim.ru/download/Pathfinder_rus_manual.pdf) (дата звернення: 24.01.2021).



## ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ ЩОДО РОЗРОБКИ ПЕРСПЕКТИВНОГО МЕТОДУ КОНТРОЛЮ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В ЗОНІ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ

*Рашкевич О.С.<sup>1</sup>,  
Рашкевич Н.В.<sup>2</sup>, PhD*

<sup>1</sup>Головне управління ДСНС України в Харківській області,

<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України

Надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру є джерелом ризику для життєдіяльності населення. Вірогідність виникнення надзвичайних ситуацій постійно зростає за рахунок використання у виробництві великої кількості різноманітних шкідливих та небезпечних речовин, необхідності модернізації обладнання, недосконаlosti виробничого процесу, порушення трудової та виробничої дисципліни.

Найбільшу небезпеку несуть аварії (катастрофи), що супроводжуються саме пожежами та вибухами з можливістю викидів екологічно-небезпечних речовин.

Оперативне виявлення джерел забруднення атмосферного повітря, особливо на великій важко доступною території, представляє собою важку технічну задачу, яка може бути ефективно вирішена тільки за допомогою мобільних пристроїв дистанційного контролю хімічного складу атмосфери на основі застосування лазерних методів моніторингу (лідарів) [1, 2].

На практиці для визначення концентрацій забруднюючих речовин в основному використовуються контактні методи вимірювань, що визначають склад суміші газів та аерозолів в безпосередній близькості від приладів, при цьому втрачається оперативність просторового розподілу забруднюючих компонентів [3]. Лазерне зондування, базуючись на фізичних явищах, що виникають внаслідок взаємодії світла з компонентами атмосфери, має широкі просторові можливості в отриманні результатів та проведенні довгострокових спостережень.

Основне рівняння лазерної локації базується на основі залежності потужності відбитого (розсіяного) об'єктом зондування випромінювання на заданій довжині хвилі від відстані до об'єкта і його параметрів:

$$P_S = \frac{PS\eta\beta}{R^2} e^{-2\Gamma}, \quad (1)$$

де  $P_S$  – потужність відбитого (розсіяного) випромінювання;  $P$  – потужність лазера;  $S$  – ефективна площа приймального елемента;  $\eta$  – ефективність приймального елемента;  $\beta$

– об'ємний коефіцієнт зворотного розсіювання;  $\Gamma = \int_0^R \alpha(R) dR$  – інтегральний коефіцієнт

поглинання лазерного випромінювання;  $\alpha$  – об'ємний коефіцієнт поглинання лазерного проміння;  $R$  – відстань до об'єкта зондування.

При імпульсному зондуванні відстань до об'єкта зондування визначається зі співвідношення:

$$R = \frac{c\tau}{2}, \quad (2)$$

де  $c$  – швидкість світла,  $\tau$  – затримка імпульсу.

Вирішення проблеми з невизначеністю лідарного рівняння з урахуванням коефіцієнтів ослаблення і зворотного розсіювання, а також математичної некоректності оберненої задачі суттєво підвищить ефективність застосування лазерного моніторингу.

Впровадження сучасного вимірювального обладнання, методів та адекватних математичних моделей у сферу цивільної безпеки, протипожежного захисту дає можливість ефективно та своєчасно проводити якісну та кількісну оцінку зони надзвичайної ситуації з отриманням достовірної інформації у реальному часі, своєчасного та адекватного реагування на небезпеку. Саме дистанційність дозволяє зберегти здоров'я і життя людей, які беруть участь у боротьбі з наслідками аварій (катастроф), що супроводжуються викидами шкідливих та небезпечних газів та аерозолів. Розвиток матеріально-технічної бази Державної служби України з надзвичайних ситуацій є пріоритетним напрямом.

З огляду на вище зазначене, актуальною і важливою науково-технічною задачею є розробка оперативного дистанційного методу діагностики забруднюючих газових домішок і аерозолів у зоні надзвичайної ситуації, що заснований на нових технологіях.

Для вирішення зазначеної задачі у сфері цивільної безпеки доцільно провести:

- аналіз небезпечних умов в зоні надзвичайної ситуації та обґрунтування вибору методу оперативного дистанційного контролю атмосферного повітря в зоні небезпеки (оцінити його переваги та недоліки, похибки вимірювань);

- адаптування основного рівняння дистанційного лазерного зондування атмосфери до умов моніторингу забруднюючих газових домішок і аерозолів в атмосфері в зоні надзвичайної ситуації шляхом рішення прямої і зворотної задач дистанційного зондування та розрахунків параметрів вимірювального програмно-апаратного комплексу;

- апробацію в реальних умовах розробленого методу вимірювання концентрацій екологічно-небезпечних речовин в атмосфері;

- розробку практичних рекомендацій по використанню методу оперативного дистанційного контролю забруднюючих газових домішок і аерозолів в атмосфері в зоні надзвичайної ситуації.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Вамболь В. В., Рашкевич А. С., Рашкевич Н. В. Аналіз особливостей екологічного моніторингу атмосферного повітря в зоні надзвичайних ситуацій техногенного характеру. *Вісник Національного технічного університету «ХПИ»*. 2016. № 49 (1221). С. 85–89.
2. Рашкевич Н. В. Аналіз наукових досліджень в сфері лазерного зондування повітряного басейну. *Вісник КрНУ ім. Михайла Остроградського*. Вип. 5/2017 (106). С. 115–121.
3. Vambol V., Rashkevich N. Analysis of methods of identification of ecologically danger substances in atmospheric air. *Техногенно-екологічна безпека: наук.-техн. журнал*. 2017. Вип. 2. С. 74–78. DOI: 10.5281/zenodo.1182894.

## ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗВИТОК МІСТ, ЯК ЕЛЕМЕНТ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ АНТИКРИЗОВИХ РІШЕНЬ

Усачов Д.В.<sup>1</sup>,  
D. Nestorenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,

<sup>2</sup>Словацький технологічний університет, Словаччина

Розвиток великих міст є все більшим предметом обговорення з початку ХХІ століття, коли все активніше почали застосовувати стратегічні підходи переходу до новітнього статусу управління ризиками. Нові методи уявляють собою всебічну систему для швидкого зростання інформаційних і комунікаційних технологій для моніторингу безпеки та управління містом.

Метою розроблення нових технологій – поліпшити життя людей за допомогою підвищення рівня комфорту і безпеки з боку держави, якості та ефективності обслуговування в різних сферах, оптимізації витрат на ряд високо експлуатованих ресурсів.

Термін «Розумне місто» охоплює цілу систему найрізноманітніших рішень, яка функціонує за допомогою впровадження розумних технологій, які розробляються на основі новітніх технологій. Як правило, це альтернативні підходи до енергозабезпечення, введення в експлуатацію не моторизованих транспортних засобів, впровадження сучасних систем моніторингу довкілля, установка широкої мережі відеоспостереження за контролем безпеки у місті. Найбільш розвинутими і «розумними», на сьогодні вважаються міста: Барселона, Амстердам, Лондон, Нью-Йорк, Париж.

Розумне місто – це концепція, основою якої є місто, що використовує сучасні інформаційні технології задля більш ефективного функціонування державних послуг та збільшення безпеки його населення. Сутність концепції полягає в тому, щоби завдяки збору інформації в режимі реального часу, з багатьох датчиків, камер фото і відео фіксації, усі ресурси міста будуть використовуватися більш продуктивно. Завдяки цьому можна раціонально використовувати кошти держави, ефективніше діяти в екстрених ситуаціях та вести їх облік – тобто збільшувати інформованість і безпеку життя населення [1].

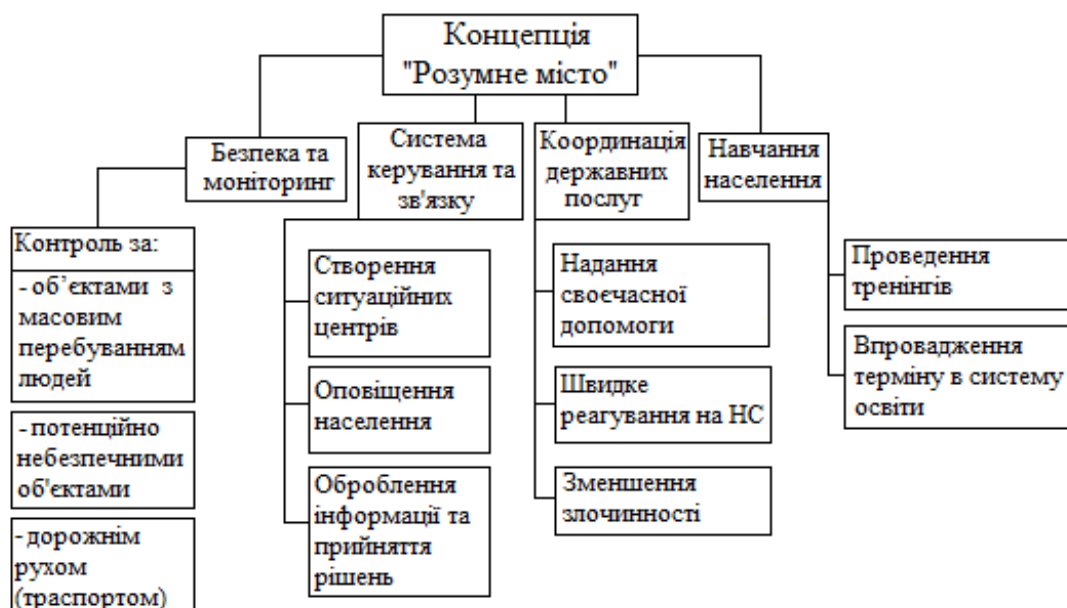


Рис. 1. Складові концепції «Розумне місто».

В Україні з розвитком і збільшенням населення міст все частіше постає питання підвищити рівень безпеки спрямоване не на успішну ліквідацію небезпечної події та подолання негативних наслідків, а на побудову єдиних систем моніторингу та підтримки прийняття управлінських антикризових рішень всіх відповідних служб. Це дозволить вирішити одне з питань безпеки і моніторингу довкілля.

Для підвищення безпеки і взаємодії державних служб введено поняття «ситуаційний центр», який оснащений засобами індивідуального та колективного оброблення різноманітної інформації з різних джерел, у вигляді відео, аудіо, комп'ютерної інформації. Основними цілями створення ситуаційного центру є моніторинг стану довкілля і оперативне реагування на позаштатну ситуацію різного характеру для оперативного оповіщення та координації дій відповідних служб.

Переваги використання операційного центру [2]:

- цілодобовий моніторинг оперативної ситуації в місті;
- звітність за результатами аналізу оперативного становища у місті та прилеглих районів;
- реєстрація та ведення обліку випадків кримінального та інших правопорушень з фото та відео фіксацію результатів їх скоєння.
- прогнозування розвитку надзвичайних ситуацій з метою запобігання або зниження негативного впливу на населення, територію і довкілля;
- аналіз ділянок місцевості, на яких розташовані потенційно небезпечні об'єкти і ймовірні впливи на навколишнє середовище при НС;
- контроль місць з масовим перебування людей, фото та відео фіксація порушень правил пожежної безпеки;
- постійна готовність відповідних служб до ефективного реагування на надзвичайних ситуацій, з мінімізацією наслідків;
- швидке оповіщення населення у разі виникнення надзвичайної ситуації.

Наочне уявлення статистичних даних і результатів моделювання ситуацій - одна з функцій і переваг ситуаційного центру. Візуалізація інформації дозволяє керівникам швидше складати картину того, що відбувається і, відповідно, приймати рішення. Розширення можливостей просторової візуалізації експерти вважають одним з перспективних напрямків технологічного розвитку ситуаційних центрів. При всій важливості систем візуалізації ключовими складовими ситуаційних центрів є системи збору та аналізу інформації. Сучасна тенденція – перехід до інтелектуальних систем, здатним генерувати не тільки статистику, але і знаходити первинні ознаки небезпечної події. Майбутнє ситуаційних центрів експерти пов'язують з більш широким застосуванням технологій управління знаннями і штучного інтелекту.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Smart city: технології «розумного міста» і їх цільове призначення. 2021. URL: <https://www.everest.ua/smart-city-tehnologiyi-rozumnego-mista-i-yih-czilove-pryznachennya-2/> (дата звернення 24.12.2021).
2. Операційний центр запобігання та моніторингу надзвичайних ситуацій. 2021. URL: <https://magneticonemt.com/operatsijnyj-sytuatsiinyi-tsentr/> (дата звернення 24.12.2021).



## ОСОБЛИВОСТІ ПРАВОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ ВІДШКОДУВАННЯ ШКОДИ, ЗАВДАНОЇ ДЕРЖАВНОЮ СЛУЖБОЮ УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ПРИ ГАСІННІ ПОЖЕЖ

*Хмиров І.М., д.н.держ.упр., доцент  
Національний університет цивільного захисту України*

В сучасному світі неодмінним чинником забезпечення повноцінного і гармонійного розвитку особистості, її прав, свобод і законних інтересів виступає взаємна відповідальність держави та особи, яка у свою чергу, є важливим і ефективним способом обмеження державної влади. У ст. 56 Конституції України законодавець передбачає право кожного на відшкодування шкоди, завданої органами державної влади, органами місцевого самоврядування, їх посадовими і службовими особами при здійсненні ними своїх повноважень [1]. Разом із цим, у законодавстві передбачається ряд випадків, коли шкода, завдана державою, не підлягає відшкодуванню. До такого роду випадків віднесено, зокрема, заподіяння шкоди Державною службою України з надзвичайних ситуацій при гасінні пожеж.

У Постанові КМУ від 16 грудня 2015 р. № 1052 «Про затвердження Положення про Державну службу України з надзвичайних ситуацій» [4], зокрема, у ч. 19 п. 4 йде мова про те, що ДСНС відповідно до покладених на неї завдань, зокрема, забезпечує гасіння пожеж, рятування людей, надання допомоги в ліквідації наслідків аварій, катастроф, стихійного лиха та інших видів небезпечних подій, що становлять загрозу життю або здоров'ю людей чи призводять до завдання матеріальних збитків. У частинах 6 і 8 Кодексу цивільного захисту України указано, що під час гасіння пожежі працівник пожежно-рятувального підрозділу має право на безперешкодний доступ до всіх житлових, виробничих та інших приміщень, а також на застосування будь-яких заходів, спрямованих на рятування населення, запобігання поширенню вогню та ліквідацію пожежі[2]. При цьому, вказано, що матеріальні збитки, пов'язані з пошкодженням майна під час гасіння пожежі, пожежно-рятувальні підрозділи не відшкодовують.

Однак це не означає, що держава взагалі усувається від надання матеріальної допомоги постраждалим особам. У разі пошкодження майна особи в результаті надзвичайних ситуацій, до яких можна віднести і пожежу, держава надає відповідну соціальну допомогу. Так, у статті 84 Кодексу цивільного захисту України вказано, що заходи соціального захисту та відшкодування матеріальних збитків постраждалим внаслідок надзвичайної ситуації включають: надання (виплату) матеріальної допомоги (компенсації); забезпечення житлом; надання медичної та психологічної допомоги; надання гуманітарної допомоги; надання інших видів допомоги. Заходи соціального захисту та відшкодування матеріальних збитків постраждалим здійснюються за рахунок: коштів державного та місцевих бюджетів; коштів суб'єктів господарювання або фізичних осіб, винних у виникненні надзвичайних ситуацій; коштів за договорами добровільного страхування, укладеними відповідно до законодавства про страхування; добровільних пожертвувань фізичних та юридичних осіб, благодійних організацій та об'єднань громадян; інших не заборонених законодавством джерел [2]. Отже, цивільно-правова шкода, завдана майну постраждалих при гасінні пожеж працівниками ДСНС не відшкодовується. Разом із цим, держава взяла на себе соціальні зобов'язання щодо підтримки, у тому числі і матеріальної, постраждалих громадян.

При цьому законодавством встановлено «іммунітет» працівників Державної служби України з надзвичайних ситуацій від відшкодування шкоди, завданої фізичним і юридичним особам в результаті гасіння пожежі. Поряд з цим, цікавим є питання про те,

хто має відшкодувати шкоду особам, які знаходяться поряд із приміщенням, де виникла пожежа і їм була завдана шкода. Як приклад, йде мова про ситуації, коли з метою гасіння пожежі або рятування громадян необхідно було проникнути до сусідньої квартири, щоб через неї отримати доступ до приміщення, де має місце пожежа. В цьому випадку відшкодування шкоди має здійснюватися громадянами, з вини яких виникла ця пожежа. Саме таким чином вирішуються відповідні справи у судовій практиці.

На жаль на сьогодні, детальний порядок доступу до всіх житлових, виробничих та інших приміщень, для працівників ДСНС не визначений. Іншим шляхом вирішення цих питань може стати деталізація відповідних положень на рівні Кодексу цивільного захисту України, який слід доповнити нормами про особливості реалізації порядку доступу ДСНС до приміщень при гасінні пожеж.

Отже, відповідні підрозділи ДСНС України наділені правом безперешкодного несанкціонованого доступу до житла особи у зв'язку із необхідністю гасіння пожежі. При цьому, всупереч загальним засадам цивільного законодавства, ці підрозділи не зобов'язані відшкодувати шкоду, завдану при такому доступі. Важливою гарантією прав постраждалих у результаті пожежі осіб має бути регламентований на нормативному рівні порядок доступу до жилого приміщення.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Конституція України від 28.06.1996 № 254к/96-ВР. Відомості Верховної Ради України. 1996. № 30. Ст. 141.
2. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI. Відомості Верховної Ради України. 2013. № 34–35. Ст. 458.
3. Цивільний кодекс України від 16.01.2003 № 435-IV. Відомості Верховної Ради України. 2003. №№ 40–44. Ст. 356.
4. Про затвердження Положення про Державну службу України з надзвичайних ситуацій [Електронний ресурс] : Постанова КМУ від 16 грудня 2015 р. № 1052. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1052-2015-%D0%BF>.

## FUNCTIONAL APPLICATION OF MONITORING AND ORGANIZATION OF MANAGEMENT IN THE STATE EMERGENCY SERVICE OF UKRAINE

*A. Hubanova,*

*N. Rashkevich, PhD*

*National University of Civil Defense of Ukraine*

Activity on monitoring of emergency situations of natural and technogenic nature due to their great diversity is very multifaceted. It is carried out by many organizations using various methods and means:

- monitoring of flora and fauna, monitoring of terrestrial flora and fauna, including forests;
- monitoring of sources of anthropogenic impact on the natural environment;
- monitoring of the aquatic environment of water management systems in places of water intake and wastewater discharge;
- monitoring and forecasting of hazardous geological processes including three control subsystems: exogenous and endogenous geological processes and groundwater.

There are other types of monitoring carried out in departmental and other interests for different types of objects, phenomena and processes, controlled ingredients and parameters for various types of hazards, an example is emergency situations accompanied by a combustion process. The danger zone is characterized by the entry into the atmosphere in a large number of combustion products, the identification of which is a rather difficult and dangerous task. In turn the use of remote tools based on laser technology provides complete and reliable information for the correct adoption of accurate and rational management decisions [1, 2].

The main tasks of monitoring are [3]:

- collection, analysis and submission to the relevant public authorities of information on potential sources of emergencies and the causes of their occurrence in the region, in the territory;
- forecasting emergencies and their scale;
- organization and conduct of control laboratory analyzes of chemical-radiological and microbiological condition of environmental objects, food, food, fodder raw materials and water, which pose a potential risk of emergencies.

It should be emphasized that the quality of emergency monitoring has a decisive impact on the effectiveness of activities to reduce the risks of their occurrence and scale.

The emergency monitoring system is a functional information-analytical subsystem. It combines the efforts of functional and territorial subsystems of the Civil Service of Ukraine for Emergencies in terms of monitoring emergencies and their socio-economic consequences.

In general, the system of emergency monitoring is a number of to some extent independent and at the same time interconnected organizationally and functionally interdepartmental, departmental and territorial systems.

Depending on the situation, the scale of the projected or emerging emergency, the emergency monitoring system operates in day-to-day operation, standby mode or emergency mode.

In general, the results of monitoring are the starting point for the development of long-term, medium-term and short-term target programs, plans, as well as for making appropriate decisions to prevent and eliminate emergencies.

In recent years, methods of planning activities on this issue based on monitoring and risk analysis of emergencies are being actively implemented.

It should be emphasized that many years of experience suggest that without data and monitoring of emergencies it is impossible to plan the development of territories, make decisions on the construction of industrial and social facilities, develop programs and plans to prevent and eliminate possible emergencies.

The effectiveness and quality of monitoring largely depends on the effectiveness and quality of programs, plans and decisions to prevent and eliminate emergencies.

Issues related to the content of information, the procedure for obtaining it are determined by the relevant regulations within the State Service of Ukraine for Emergencies and its territorial subsystems.

Experience in the elimination of major natural and man-made emergencies that had place in modern history shows that a timely forecast of their occurrence leads to a significant reduction in the scale and mitigation of the impact of emergency sources.

The system for monitoring and forecasting emergency situations belongs to the field-information support of timely warning of imminent emergency natural and technogenic situations and can be used in the formation of a cluster of predictive services that provide a comprehensive, situational presentation of predictive monitoring data in conjunction with semantic and geospatial information.

#### REFERENCE

1. Рашкевич Н. В. Аналіз наукових досліджень в сфері лазерного зондування повітряного басейну. *Вісник КрНУ ім. Михайла Остроградського*. Вип. 5/2017 (106). С. 115–121.
2. Рашкевич Н. В. Аналіз ефективності застосування способів запобігання надзвичайних ситуацій на полігонах депонування відходів. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси*. Х.: НТУ «ХПІ», 2017. № 33(1255). С. 121–126.
3. Болов В.Р. Применение современных технологий, методов мониторинга и прогнозирования в обеспечении системы управления в кризисных ситуациях. *Ж-л-каталог Средства спасения. Противопожарная защита. Российские инновационные системы*. 2010. № 10.



## СЕКЦІЯ 3

# РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ ТА ЛІКВІДАЦІЯ ЇХ НАСЛІДКІВ

УДК 347.132.15

### ВПЛИВ ПРОБЛЕМНИХ СИТУАЦІЙ НА ПОТЕНЦІАЛ ВИЯВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ, ЩО ЗАЗНАЛИ ЛИХА

*Гурник А.В.,  
Литовченко А.О.*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

У разі виникнення надзвичайних ситуацій (НС) і небезпечних подій (НП) та ліквідації їх наслідків й потреби у виконанні комплексу заходів для пошуку, як процесу щодо виявлення (визначення місцезнаходження) потерпілих, система організації і зміст дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту (далі – ОРС ЦЗ) повинні забезпечувати:

високу ступінь готовності, стійке управління підрозділами;

безпосередню організацію і координацію заходів реагування й проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт (АРИНР) у встановлені терміни;

належне виконання всього комплексу завдань та видів і обсягів пошуково-рятувальних робіт (ПРР) визначеними пошуково-рятувальними авіаційними (водними, наземними) силами і засобами (ПРСЗ).

Оптимальне рішення на виконання АРИНР у теперішній час неможливо приймати без наукового підходу щодо всебічної оцінки обстановки й уміння передбачати наслідки (результати) варіантів дій і визначення можливостей та встановлення порядку залучення сил і засобів в умовах невизначеності [1].

За потреби здійснення ПРР, пошук потерпілих зазвичай починається з ознайомлення з результатами розвідки (первинного повідомлення), вивчення зони НС (району пошуку), місця проведення робіт, характеру НС (НП) і визначення методики проведення пошуку й рятування для прийняття рішення на здійснення потрібних оперативних заходів реагування за встановленими правилами і процедурами.

У сучасних умовах доцільно при прийнятті рішення враховувати оперативно-тактичні і психологічні ознаки, а оперативне управління здійснювати на принципах єдиначальності, централізації, оперативності та гнучкості й безперервності у керуванні, а також науковості з використанням на практиці об'єктивних законів різних наук.

Практика показує, що закономірності зміни числових значень дальності дії бортових технічних засобів пошуку (спостереження) визначаються основними факторами в комплексі, які характеризують не тільки дані засоби, але й умови пошуку та середовище розповсюдження фізичних сигналів і наявність й об'єм інформації про об'єкти пошуку. У міру розвитку науки й техніки кількість факторів для врахування стає все більше, а вплив їх на ймовірність виявлення, що характеризує ефективність пошуку, стає все точніше [2].

Наприклад, знаючи закон розподілу дальності дії бортового приладу пошуку  $f(D)$  і його числові характеристики, є можливість розрахувати ймовірність виявлення об'єкта пошуку  $P_{\text{виявл}}$  на дальності, яка може бути не меншою за задану дальність  $r$ , через інтегрування функції  $f(D)$  в межах від  $r$  до  $+\infty$ , описувану рівнянням:

$$P_{\text{виявл}} = \int_T^{\infty} f(D) dD \quad (1)$$

З іншої сторони, є потреба також знати залежність ймовірності виявлення об'єкта пошуку від часу пошуку, описувану рівнянням:

$$P_{\text{виявл}} = 1 - e^{-\varphi} \quad (2)$$

Врахування залежностей (1) і (2) дозволить встановлювати зв'язок між дальністю дії засобів пошуку  $D$  і потенціалом виявлення об'єкта пошуку  $\varphi$ .

За результатами аналізу проведених ПРР встановлено, що потенціал виявлення  $\varphi$  залежить від критерію ефективності пошуку  $\mu$ , на який також впливають проблемні ситуації під час проведення пошуку. Вплив потенціалу виявлення  $\varphi$  на успішність пошукових зусиль доцільно розглядати з урахуванням аналізування конкретних проблемних ситуацій. Їх розгляд доцільно проводити на прикладах, взятих із статистичних даних, за результатами здійснених ПРР. Це дасть можливість розглянути деякі інші показники успішності пошуку, що пов'язані з вибором найбільш доцільних ПРСЗ і способів їх дій. За статистичними даними за визначений керівними документами проміжок часу  $T$  виявляється різна кількість об'єктів  $C$ . Очевидно, що величина  $C$  сама по собі не може бути прийнятою за критерій ефективності визначеними ПРСЗ та способами їх дій, так як успішність пошуку, крім кількості виявлених об'єктів, ще й суттєво залежить від наступних факторів [3]:

прямо пропорційна величині загальної площі району пошуку ( $S$ );

обернено пропорційна загальному часу тривалості пошуку ( $T$ );

обернено пропорційна середній кількості об'єктів у районі пошуку ( $N$ ).

Вищевикладене дозволить виразити критерій ефективності пошуку  $\mu$  рівнянням:

$$\mu = \frac{CS}{NT} \quad (3)$$

Отже, управління підрозділами представляється як мистецтво з вибору оптимального способу дій в різних умовах, здатність керівника застосовувати на практиці наукові положення для передбачення впливу проблемних ситуацій і їх дестабілізуючих факторів на потенціал виявлення об'єктів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Гурник А.В., Литовченко А.О. Особливості методики прогнозування і тактичних розрахунків для оптимального реагування на надзвичайні ситуації. Проблеми надзвичайних ситуацій : 2020 рік : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., 20 травня 2020 р. Харків : НУЦЗ України, 2020. С. 251–252.
2. Рогозін А.С., Гурник А.В. Методи розрахунків дієвості авіації для пошуково-рятувальних робіт у надзвичайних ситуаціях. Збірник матеріалів міжнар. наук.-практ. конф. «Проблеми цивільного захисту: управління, попередження, аварійно-рятувальні та спеціальні роботи», 2–3 жовтня 2014 р. Харків : НУЦЗ України, 2014. С. 151–153.
3. Хижняк В.В., Гурник А.В. Вибір доцільного способу пошуку об'єкта на основі оптимального розподілу сил і засобів пошуку і рятування. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2014. № 4(17). С. 96–99.

## РЕАЛІЗАЦІЯ ІНСТРУМЕНТАРІЮ ПК «ЛІРА-САПР» ЩОДО РОЗРАХУНКУ ПОСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЗГІНАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

*Дмитренко Є.А.<sup>1,2</sup>, к.т.н.,  
Костира Н.О.<sup>3</sup>, к.т.н., доцент,  
Яковенко І.А.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,  
Томашевський А.В.<sup>2,3</sup>*

<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України,

<sup>2</sup>ТОВ «ЛІРА САПР»,

<sup>3</sup>Національний авіаційний університет

Питання вчасного технічного обстеження [1] та проведення заходів по реконструкції несучих конструкцій будівель та споруд щодо попередження аварійних та надзвичайних ситуацій набуває першочергового значення під час активних військових дій на території нашої країни. При цьому виникає цілий комплекс складних неординарних задач щодо визначення найбільш доцільних, ефективних, раціональних та економічно-обґрунтованих варіантів посилення будівельних конструкцій у кожному конкретному випадку [2]. Вирішити цю плеяду задач дозволяє проведення комплексного моделювання та виконання чисельних досліджень у програмних модулях сучасних САПР, зокрема у ПК «ЛІРА САПР» [3].

Програмний модуль «Конструктор Перерізів», який входить до складу ПК «ЛІРА САПР», дозволяє запроектувати переріз будівельної конструкції довільної форми з подальшим визначенням його напружено-деформованого стану, близького до дійсного. Також можливо враховувати одночасно нелінійну роботу декількох матеріалів у складі такого перерізу. Це набуває особливої актуальності для оцінки несучої здатності найбільш небезпечних нормальних перерізів залізобетонних конструкцій, що потребують посилення.

*Метою дослідження є вирішення задачі вибору найбільш доцільного варіанту посилення залізобетонної конструкції ригелю трапецієвидного перерізу, який знаходиться в аварійному технічному стані за методикою нелінійної деформаційної моделі.*

*Об'єктом дослідження є визначення дійсної роботи пошкоджених відповідальних залізобетонних конструкцій п'ятиповерхової будівлі гаражу та моделювання способів їхнього посилення щодо забезпечення надійної подальшої експлуатації.*

За результатами технічного обстеження будівлі виявлено, що збірні залізобетонні ригелі 4 поверху в координаційних осях «Д–Е» по осям «1», «8» в осях «Б–В» по осям «2», «10», «12» знаходяться у аварійному технічному стані та потребують заходів щодо виконання негайного посилення (рис. 1).

Запропоновано наступні три варіанти підсилення, які дозволяють забезпечити надійну подальшу роботу цих конструкцій за граничними станами першої та другої групи:

– *варіант 1* – спосіб збільшення поперечного перерізу ригелю шляхом влаштування залізобетонного нарощення у розтягнутій зоні – додаткового посилення трьома поздовжніми стержнями 3Ø25 А500С із відновленням захисного шару бетоном класу С30/35;

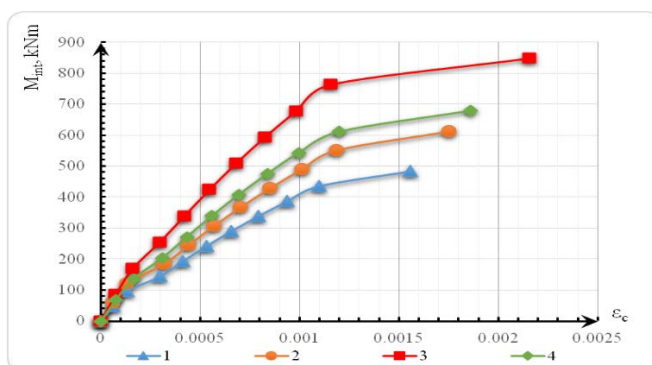
– *варіант 2* – встановлення додаткових металевих пластин, з'єднаних коротишами до існуючої робочої арматури із додатковим посиленням сталевим швеллером № 36, сталь класу С245;

– *варіант 3* – посилення сталевими попередньо-натягнутими затяжками Ø40, сталь класу С345.



**Рис. 1. Ригель на позн. +11,200 (4 поверх), по осі «1» в осях «Д–Е»:** а) корозія робочої арматури, відшарування захисного шару бетону внаслідок замокання; б) горизонтальні тріщини шириною розкриття  $w_k=30$  мм по нижній поверхні, корозія робочої арматури.

У процесі моделювання для кожної стадії роботи шляхом підбору були знайдені граничні внутрішні зусилля у перерізах (рис. 2), побудовані епюри деформацій та напружень за висотою перерізу.



**Рис. 2. Діаграми стану «згинальний момент  $M_{int}$  (кН·м) – відносна деформація найбільш стиснутої фібри бетону  $\epsilon_c$ » для перерізів:** 1 – у вихідному стані; 2 – при підсиленні за варіантом 1; 3 – при підсиленні за варіантом 2; 4 – при посиленні за варіантом 3.

На основі отриманих результатів, найбільш ефективним з точки зору підвищення несучої здатності є варіант посилення ригеля сталевим швелером № 36. Найбільш раціональним варіантом – варіант посилення поздовжніми арматурними стержнями класу А500С із відновленням захисного шару бетону.

Встановлено, що модуль «Конструктор Перерізів» ПК «ЛІРА САПР» ефективно використовувати для вирішення задачі вибору оптимального варіанту посилення несучих конструкцій.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Бабич Є.М., Караван В.В., Бабич В.С. Діагностика, паспортизація та відновлення будівель і інженерних споруд : підручник. Рівне : «Волинські береги», 2018. 176 с.
2. Костира Н.О., Малишев О.М., Бакуліна В.М. Особливості технічного обстеження та паспортизації прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. 2019. №10. С. 165–169.
3. Колчунов В.И., Яковенко И.А., Дмитренко Е.А. Аналитическая и конечно-элементные стержневые модели нелинейной задачи сцепления арматуры с бетоном, их сравнение и анализ. *Містобудування та територіальне планування : наук.-техн. збірник*. 2016. № 60. С. 184–197.



## ОБГРУНТУВАННЯ ДИСПЕРСНОСТІ ТОНКОРОЗПИЛЕНОЇ ВОДИ ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ

*Дубінін Д.П., к.т.н., доцент*

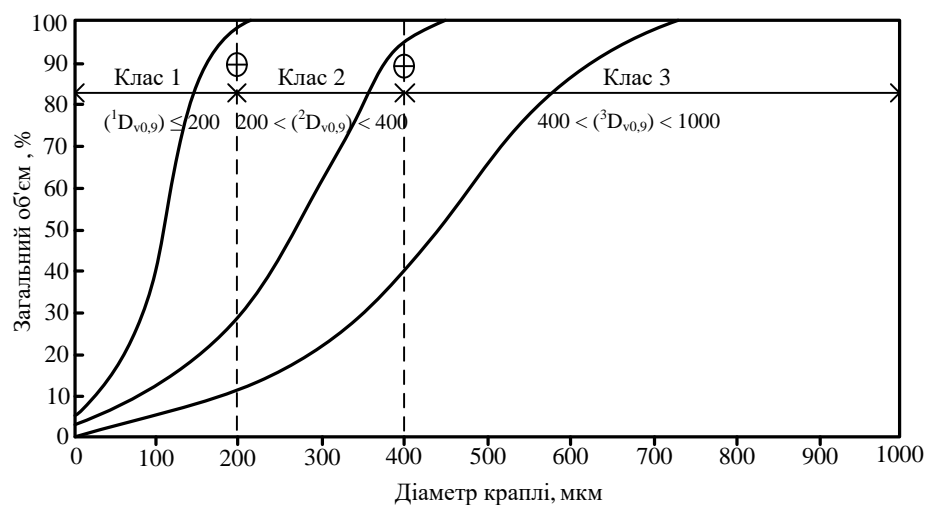
*Національний університет цивільного захисту України*

На сьогоднішній день під час гасіння пожеж особовий склад пожежно-рятувальних підрозділів близько 90 % випадків застосовує в якості вогнегасної речовини (далі – ВР) – воду [1, 2]. Найбільший вогнегасний ефект досягається при подачі води в тонкорозпиленому виді [3–5]. Це пояснюється тим, що дрібні крапельки дозволяють тонкорозпиленій воді (далі – ТРВ) контролювати або здійснювати гасіння пожежі, при цьому охолоджувати полум'я та шлейф димових газів, витіснити кисень водяною парою, ослаблювати променисте тепло та запобігати поширенню вогню шляхом попереднього змочування горючих речовин та матеріалів. Подача ТРВ в осередок пожежі здійснюється за допомогою технічних засобів, які працюють від пожежних автомобілів, застосуванням ранцевих установок пожежогасіння, а також модульних і автоматичних установок, які потребують високого тиску повітря.

Відповідно до стандарту [6] системи пожежогасіння ТРВ поділяються на три групи відповідно до значень робочого тиску:

- система високого тиску, де трубопроводи розподільної системи піддаються тиску 34,5 бар або більше;
- система проміжного (середнього) тиску, де трубопроводи розподільної системи піддаються тиску більше 12,1 бар, але менше 34,5 бар;
- система низького тиску де розподільні трубопроводи піддаються тиску 12,1 бар або менш.

За стандартом [6], ТРВ – це розпилення води, для якого  $D_{v0,99}$  від загального об'єму рідини розподіляється в краплях діаметром менше 1000 мкм при мінімальному розрахунковому робочому тиску, це означає що, 99 % об'єму ВР у системах ТРВ повинно подаватись у вигляді крапель діаметром не більше 1000 мкм. Відповідно до [7] системи ТРВ поділяються на 3 класи: клас I відноситься до діапазону 100–200 мкм, клас II до діапазону 200–400 мкм і клас III до 400–1000 мкм., дана класифікація наведена на рис. 1.



**Рис. 1.** Залежність розміру краплі води від об'ємно-фракційного розподілу та класифікації стандарту.

Відповідно до стандарту [8], ТРВ – це розпилення води, для якого  $D_{v0.90}$  від загального об'єму рідини розподіляється в краплях діаметром менше 1 мм (1000 мкм) при вимірюванні у площині 1 м від сопла розпилювача при мінімальному розрахунковому робочому тиску, це означає що, 90 % об'єму ВВР у системах ТРВ повинно подаватись у вигляді крапель діаметром не більше 1000 мкм.

В нормативному документу [9] визначено, що до розпиленого потоку вогнегасної речовини належить потік рідкої вогнегасної речовини із середнім діаметром крапель більше 150 мкм. За проведеними дослідженнями в роботі [10] встановлено, що ефективність пожежогасіння ТРВ залежить від дисперсності крапель води, при цьому коли розмір крапель не перевищує 0,1 мм то тоді ефективність пожежогасіння висока

За результатами проведених досліджень встановлено, що дисперсність крапель води впливає на ефективність застосування ТРВ. Таким чином, одним з критеріїв за яким визначається ефективність застосування засобів пожежогасіння тонкорозпиленою водою є оптимальна дисперсність крапель у потоці ТРВ. Встановлено що оптимальна дисперсність крапель води або їх дисперсність складає 50–150 мкм.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Дубінін Д.П., Лісняк А.А. Дослідження розвитку пожеж в приміщеннях житлових будівель. VII Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Надзвичайні ситуації: безпека та захист». 2017. С. 60–62. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/5065>.
2. Дубінін Д.П., Коритченко К.В., Лісняк А.А. Технічні засоби пожежогасіння дрібнорозпиленим водяним струменем. *Проблеми пожежної безпеки*. 2018. № 43. С. 45–53. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/7022>.
3. Дубінін Д.П. та ін. Експериментальне дослідження методу гасіння пожежі водяним аерозолем у приміщеннях складної конфігурації. *Проблеми пожежної безпеки*. 2019. № 46. С. 47–53. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/10560>.
4. Дубінін Д.П., Лісняк А.А. Застосування установки періодично-імпульсної дії для гасіння пожеж в будівлях дрібнорозпиленою водою. 20 Всеукраїнська науково-практична конференція «Сучасний стан цивільного захисту України та перспективи розвитку». 2018. С. 172–175. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/7474>.
5. Дубінін Д.П. Дослідження вимог до перспективних засобів пожежогасіння тонкорозпиленою водою. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2021. № 33. С. 15–29. DOI: 10.52363/2524-0226-2021-33-2.
6. NFPA 750 Standard on Water Mist Fire Protection Systems. 2019.
7. Santangelo P.E., Tartarini P., Fire Control and Suppression by Water-Mist Systems. *The Open Thermodynamics Journal*. 2010. 4. P. 167–184.
8. CEN/TS 14972:2011 - Fixed firefighting systems - Watermist systems - Design and installation.
9. СП 5.13130.2009 Свод правил. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования.
10. Виноградов А.Г. Випаровування дрібнорозпиленої води в умовах теплообміну з нагрітим повітрям. *Вісник НТУУ «КПІ», Машинобудування*. 56. 2009. С. 56–61.

## ТАКТИЧНА ВЕНТИЛЯЦІЯ НА ПОЖЕЖІ

Луц В. І., к.т.н., доцент

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Значна кількість випадків гасіння пожеж пов'язана із небезпечним впливом на особовий склад небезпечних чинників пожежі. Зокрема, дія високих температур та диму значно ускладнюють проведення пожежно-рятувальних робіт та гасіння пожеж. Важливим тактичним способом зниження такого впливу на особовий склад пожежно-рятувальних підрозділів є керування газообміном на пожежі в огороженні. Як зазначено у останніх вітчизняних керівних документів та науково-дослідної роботи, створення необхідних умов для гасіння пожежі із застосуванням переносних засобів димо- та тепловидалення може проводитися трьома способами [1, 2].

1. Всмоктування і подальший викид диму назовні. Цей варіант застосовується, як правило, при відсмоктуванні повітря з верхньої точки приміщення;

2. Нагнітання свіжого повітря в задимлене приміщення. Цей спосіб нагнітання свіжого повітря здійснюється, як правило, у нижню точку приміщення при відкритих верхніх отворах. Раціонально застосовувати цей спосіб при висоті приміщень до 6 метрів;

3. Одночасне всмоктування задимленого та загазованого повітря і нагнітання свіжого повітря при застосуванні декількох засобів димо- та тепловидалення.

Розглянувши закордонні та деякі вітчизняні роботи [3–8] де розглядаються основні принципи та способи реалізації пожежної вентиляції під час гасіння пожеж в будівлях і спорудах різного призначення, можна побудувати блок схему тактичної вентиляції рис. 1.

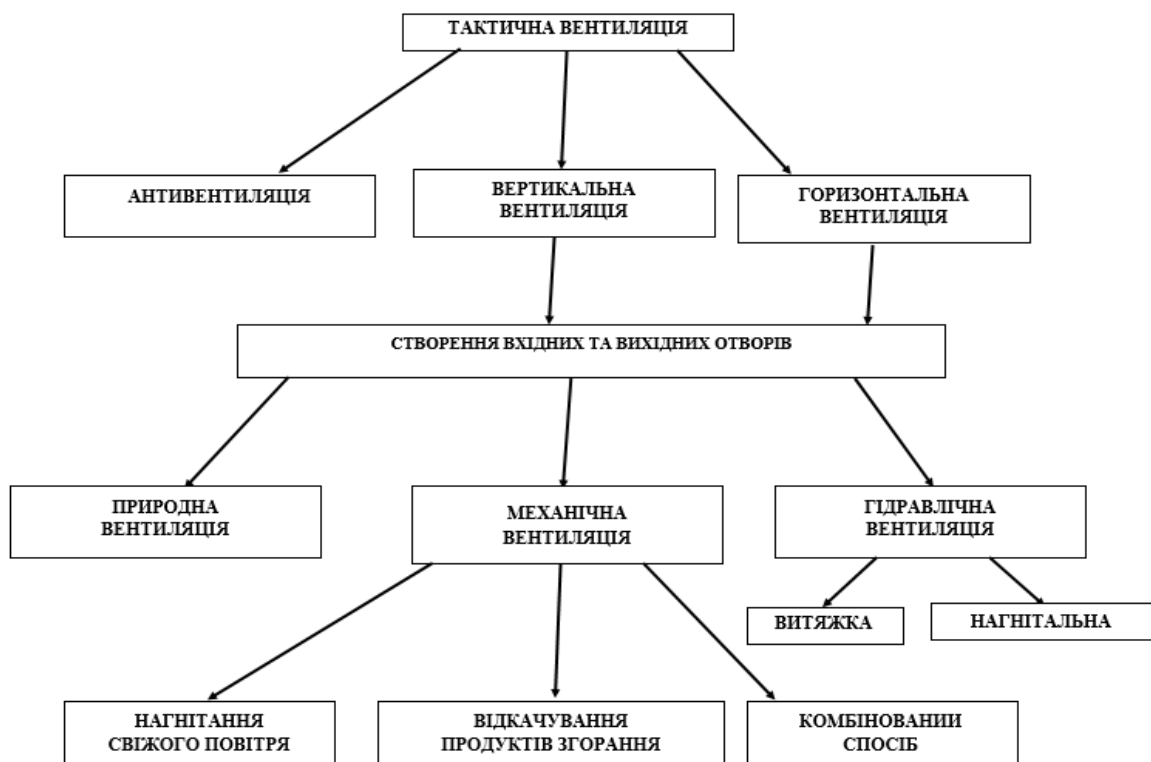


Рис. 1. Блок-схема тактичної вентиляції на пожежі в огороженні.

Отже, якщо порівняти способи проведення вентиляції на пожежі в огороженні в Україні та закордоном то бачимо, що пожежна вентиляція має іншу назву а саме «тактична вентиляція». А також з'являються два способи проведення оперативних дій для створення вентиляції на пожежі в огороженні, це антивентиляція та гідравлічна вентиляція. Що стосується терміну «тактична вентиляція» хоча він і відсутній в нормативній базі України, але в той же час використовується країнами Європейського Союзу, США, Великої Британії та іншими країнами. Сам термін «тактична вентиляція» включає в себе - необхідність та правильність проведення газообміну чи ізолювання пожежі в огороженнях під час проведення оперативних дій пожежно-рятувальними підрозділами, з метою успішної та безпечної ліквідації пожежі.

Проаналізувавши закордонні та вітчизняні роботи, щодо способів проведення вентиляції на пожежі в огороженні то бачимо, що в Україні пожежна вентиляція має іншу назву а саме «тактична вентиляція». Також у вітчизняних джерелах не має повної інформації про два способи проведення оперативних дій для створення вентиляції на пожежі в огороженні, а це антивентиляція та гідравлічна вентиляція. На основі проведеної роботи обґрунтовано термін «тактична вентиляція» та наведено блок схема тактичної вентиляції на пожежі в огороженні.

В подальшій роботі та дослідженнях буде детально розглянуто питання антивентиляції та гідравлічної вентиляції. На основі проведених досліджень будуть розроблені методичні рекомендації щодо проведення тактичної вентиляції цими двома способами у будівлях та спорудах при гасінні пожеж і ліквідації наслідків надзвичайної ситуації.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Довідник керівника гасіння пожежі. К.: УкрНДІ ЦЗ, 2015. 363 с.
2. Звіт про НДР «Провести дослідження та розробити рекомендації щодо застосування переносних засобів димо- та тепловидалення для підвищення ефективності гасіння пожеж». К.: УкрНДІ ЦЗ, 2019. 219 с.
3. Compartment Fires and Tactical Ventilation (Fire Service Manual) by Great Britain (1997). URL: [https://www.ukfrs.com/sites/default/files/2017-09/Fire%20Service%20Manual\\_Volume%20%20%20Fire%20Service%20Operations%20-%20Compartment%20Fires%20and%20Tactical%20Ventilation.pdf](https://www.ukfrs.com/sites/default/files/2017-09/Fire%20Service%20Manual_Volume%20%20%20Fire%20Service%20Operations%20-%20Compartment%20Fires%20and%20Tactical%20Ventilation.pdf).
4. Paul Grimwood Tactical ventilation. Venting actions by on-scene firefighters, used to gain tactical advantage during interior structural firefighting operations. URL: <http://www.cfbt-be.com/images/teksten/TacticalVentilation.pdf>.
5. Szymon Kokot-Góra (2019) Wentylatory i wentylacja w straży pożarnej. URL: <https://www.drogaratownika.pl/materialy/wentylatory-i-wentylacja-w-straży-pożarnej-ramfanskrypt/>.
6. Луц В.І., Лазаренко О.В. Димовидалення на пожежі: навчальний посібник. Львів: ЛДУ БЖД, 2017. 100 с.
7. Ковалишин В.В., Луц В.І., Пархоменко Р.В. Основи підготовки газодимозахисника: навчальний посібник. Львів; ЛДУ БЖД, 2015. 378 с.
8. Шимон Кокот-Ґура Вентилятори і вентиляція у пожежній охороні: посібник / переклад з пол. Володимира Дубасюка. Львів: «SUPRON1», 2020. 72 с. Схвалено для використання у системі службової підготовки рішенням апаратної наради ГУ ДСНС України у Львівській області від 11.08.2020 № 17.



## РОЗРОБКА КОНЦЕПТУАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ «РЯТУВАЛЬНИК – ЗАСОБИ ЗАХИСТУ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВАРІЙНО- РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ – НАДЗВИЧАЙНА СИТУАЦІЯ»

*Львів Д.А.<sup>1</sup>, ад'юнкт,*

*Стрілець В.В.<sup>2</sup>, к.т.н.*

<sup>1</sup>*Національний університет цивільного захисту України,*

<sup>2</sup>*Науково-дослідний експериментально-випробувальний центр, м. Харків*

В доповіді показано, що у відповідності до цілей системної оцінки неформалізований опис процесу функціонування системи «рятувальник – засоби захисту та забезпечення аварійно-рятувальних робіт – надзвичайна ситуація» (СРЗЗНС) доцільно проводити в такій послідовності:

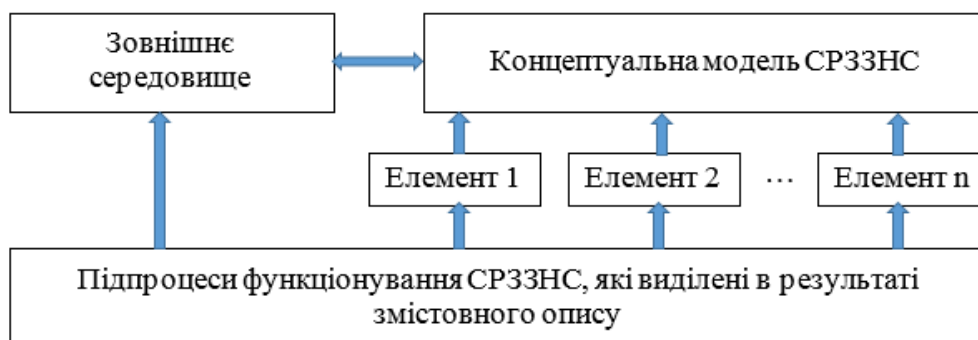
1. Визначення границь дослідження (виявлення властивостей, що представляють інтерес для системного аналізу з точки зору завдань дослідження; вибір показників, що характеризують протікання ергатичних процесів в часі, з метою виявлення показників якості діяльності пожежно-рятувальних підрозділів (ПРП); аналіз структури СРЗЗНС, виділення її підсистем, виявленні зв'язків між підсистемами).

2. Вивчення процесу функціонування СРЗЗНС (на ранніх етапах проектування вивчення йде шляхом ознайомлення з проектно-конструкторською документацією та іншими документами, що відносяться до системи; на більш пізніх етапах проектування вивчення може проводитися за допомогою імітаційного моделювання або шляхом проведення натурних експериментів (фізичного моделювання); нарешті, на етапі функціонування СРЗЗНС в ПРП - шляхом безпосереднього спостереження за її поведінкою).

3. Часткова оцінка ступеня адекватності змістовного опису даної системи.

4. Систематизація результатів дослідження шляхом опису процесу функціонування СРЗЗНС на вербальному рівні.

Тобто, попередня формалізація СРЗЗНС вимагає розробки концептуальної моделі функціонування СРЗЗНС, яка представляє собою модель описового типу, що відображає концепцію експерта про сутність процесу функціонування СРЗЗНС відповідно до цілей дослідження. З урахуванням результатів змістовного опису СРЗЗНС концептуальна модель даної системи має відповідний рівень формалізації (попередня формалізація), тобто містить (рис. 1) тільки частину підпроцесів, що входять в її змістовне опис.



**Рис. 1. Формування структури концептуальної моделі функціонування СРЗЗНС.**

При цьому кожен такий підпроцес інтерпретується як підпроцес функціонування певного елемента концептуальної моделі, а взаємозв'язок між цими підпроцесами є еквівалентним взаємозв'язку між елементами концептуальної моделі. Підпроцеси, що не

входять в структуру концептуальної моделі утворюють зовнішнє середовище на вході і виході концептуальної моделі, а взаємозв'язок між підпроцесами, що утворюють зовнішнє середовище, і підпроцесами, що утворюють концептуальну модель, еквівалентна взаємозв'язку між концептуальною моделлю і зовнішнім середовищем.

Наступним етапом побудови концептуальної моделі є формування комплексів абстрактних величин (характеристик) для кожного елемента концептуальної моделі, тобто таких комплексів абстрактних величин, які з певною повнотою описують функціонування того чи іншого елемента концептуальної моделі і зовнішнього середовища.

Для формалізації опису процесів функціонування елементів необхідно скласти одне або кілька математичних співвідношень, які в явній або неявній формі пов'язують характеристики стану елемента, його параметри і характеристика входу і виходу. Окремі елементи в разі неможливості використовувати такі співвідношення виду можуть бути описані у вигляді алгоритмів або за допомогою лінгвістичних змінних.

Виходячи з цього, розробка концептуальної моделі функціонування СРЗЗНС має на меті обґрунтований вибір методу розв'язання задачі дослідження СРЗЗНС та математичне формулювання завдання дослідження СРЗЗНС.

Таким чином, концептуальна модель СРЗЗНС є феноменологічною моделлю, що дозволяє на основі аналізу структури функціональних принципів сформулювати гіпотезу у вигляді співвідношення між вхідними та вихідними параметрами даної системи. Виходячи з доцільності використання для цих цілей імітаційного моделювання, в найзагальнішому вигляді структуру імітаційної моделі функціонування СРЗЗНС можна представити наступним чином

$$Y = H\{\omega', \omega'', t\}, \quad (1)$$

де  $Y$  – ефект СРЗЗНС;  $\omega'$  – керовані змінні і параметри;  $\omega''$  – некеровані змінні і параметри;  $t$  – момент часу;  $H$  – оператор, який встановлює функціональний зв'язок між змінними.

Під параметрами розуміються величини, які обираються довільно до початку моделювання і залишаються незмінними в процесі моделювання. Під змінними – величини, що приймають значення, що визначаються видом даної функції.

Модель (1) представляє високий рівень абстракції СРЗЗНС. Для її конкретизації необхідні більш низькі рівні абстракції. Так, на абстрактно-логічному рівні опису системи, достатньому для концептуальної моделі СРЗЗНС, можна скористатися моделлю, яка базується на понятті узагальненої динамічної системи.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Льовін Д.А., Стрілець В.В. Формування комплексу цілей оцінки функціонування системи «рятувальник – засоби забезпечення аварійно-рятувальних робіт – надзвичайна ситуація». The 6th International scientific and practical conference – Results of modern scientific research and development (August 22-24, 2021). Barca Academy Publishing, Madrid, Spain. 2021. P. 163–168.

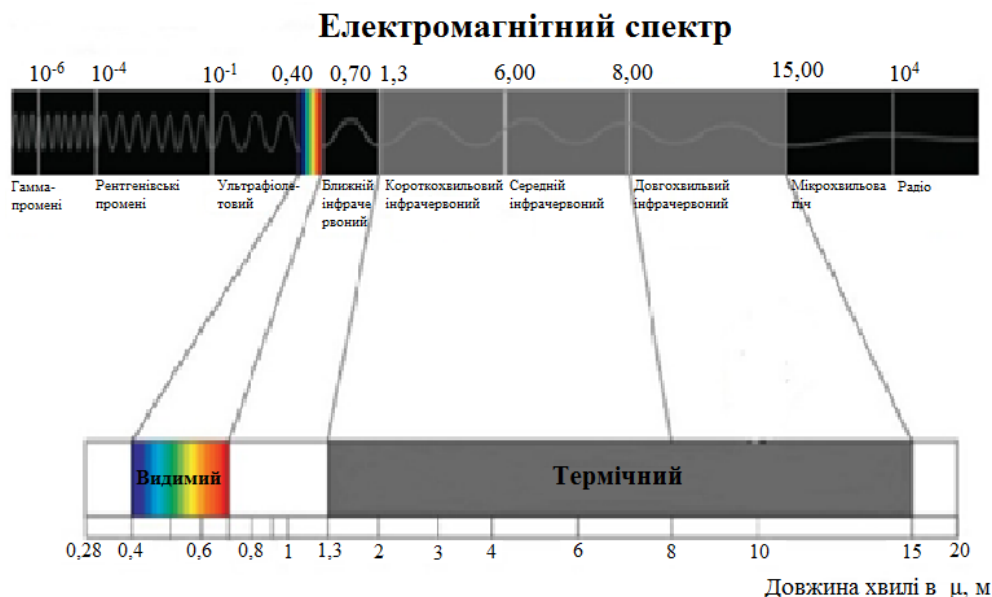
## ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ ПОШУКУ ПОТЕРПІЛИХ

*Матухно В.В., к.т.н.*

*Національний університет цивільного захисту України*

В сучасному суспільстві практично у всіх сферах діяльності людини, існують автоматизовані та роботизовані системи, які поступово заміщують людські здібності в тих галузях, де використання таких систем приводить до підвищення ефективності бажаного результату. Не виключенням є і пошуково-рятувальні роботи, які проводять підрозділи Державної служби України з надзвичайних ситуацій. Роботи мають багато переваг перед людьми в пошуково-рятувальних роботах, вони можуть діяти з безпечної відстані, охоплювати широкий діапазон і комплектуватися датчиками для виявлення ознак життя та більш точного розпізнавання загроз. Дрони використовуються вже кілька років, які наймовірно ефективні при пошуку зниклих безвісти. За допомогою тепловізійних зображень пошук зниклих безвісти може продовжуватися в темряві та ще складніших умовах, де потрібно завдячити М. Бімберу, який працював, щоб подолати це обмеження, використовуючи алгоритм бортового оптичного розрізу (AOS) у поєднанні з тепловізією. Використання теплових камер для візуалізації теплих тіл є стандартною технікою для операцій реагування, але AOS є відносно новим для пошуку та порятунку. Він працює шляхом обчислювального розфокусування об'єктів, які блокують землю – наприклад, лісовий покрив – у полі зору дрона, щоб цілі на землі стали чітко видимими [1, 2].

За допомогою цього пошуково-рятувальні операції стали основним застосуванням тепловізорів, прикріплених до дронів. У звіті DJI про щонайменше 183 життів, врятованих дронами у 2020 році, було підкреслено роль тепловачення. Щонайменше 102 із 183 врятованих життів було виявлено за допомогою тепловізора, який дозволяє рятувальникам працювати всю ніч та знаходити людей за температурою тіла, незважаючи на погану видимість. Виробник DJI веде облік життів, врятованих дронами у рамках програми «Дрони для добра».



**Рис. 1. Відображення спектрів на дисплеї оператора.**

Тепловізори роблять знімки чи відео теплового випромінювання, а не видимого світла. Інфрачервоне теплове випромінювання та світло є частинами електромагнітного спектра. Однак камера, яка може виявляти видиме світло, не бачитиме теплового випромінювання і навпаки. Тепловізори виявляють більше ніж просто теплове випромінювання. Вони виявляють крихітні відмінності в тепловому випромінюванні, навіть такі маленькі, як 0,01 °С. Ця інформація потім відображається у вигляді різних кольорів на дисплеї, програмного забезпечення або додатків.

Але навіть найсучасніші дрони, які використовуються для пошуково-рятувальних операцій, залишаються дистанційно керованими людиною, яка візуально перевіряє поле зору дронів. Спираючись на обмежений діапазон людського зору, дрони не можуть легко бачити, наприклад, під листяним навісом або кризь густий туман.

Для більш ефективного результату пошуку, використання тепловізійних камер потрібно їх застосовувати в комплексі. Одним з додаткових елементів комплексного аналізу при пошукових роботах, буде застосування нової системи Lifeseeker.

Lifeseeker – це бортова система, яка може визначити місцезнаходження мобільних телефонів навіть без покриття мережі. Нова технологія поєднує сигнали стільникових телефонів у пошуково-рятувальних операціях з використанням гелікоптерів або меншої версії, що підходить для дронів. Це рішення перетворює мобільний телефон на маяк, здатний направляти рятувальні бригади до місця його перебування. Інструмент має величезний потенціал для порятунку життів під час стихійного лиха, таких як землетруси, коли люди можуть бути поховані під уламками або землею; або у разі сходу лавини. Це також буде ефективним для пошуку людей, захованих під густим навісом, наприклад, у непрохідній лісовій місцевості.

У той час як велика версія Lifeseeker доступна для гелікоптерів, менша версія для дронів означає, що пошуково-рятувальні операції можуть проводитися не тільки з меншими витратами, але і в умовах, за яких гелікоптери будуть змушені приземлитися: в умовах поганої видимості, несприятливих погодних умов та в нічний час.

Дана система визначає місцезнаходження зниклих безвісти людей, використовуючи їхні мобільні телефони як маяки, щоб визначити їхнє точне місцезнаходження. Не потрібна співпраця з зниклим безвісти, щоб знайти потерпілих. Він не потребує співпраці з боку постачальників послуг на будь-якому етапі процесу і не обмежений типом існуючої мережі, оскільки він працює у зонах 2G, 3G, 4G та у зонах відсутності сигналу. Він також може служити сполучною ланкою між зниклою безвісти та пошуково-рятувальною командою.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Вовченко В.А., Матухно В.В. Комплексная система мониторинга по предотвращению лесных пожаров. Обеспечение безопасности жизнедеятельности (*ISBN 978-985-590-118-2*), проблемы и перспективы: XV Междун. науч.-практ. конф. мол. ученых, 7–8 апреля 2021. Минск, ГУО УГЗ МЧС РБ. 2021. С. 55–58.
2. Матухно В.В., Усачов Д.В. Аналіз сучасних методів та засобів орієнтування на місцевості. *Theoretical foundations of modern science and practice (ISBN – 978-9-40361-462-5)*. Abstracts of VI International Scientific and Practical Conference. Rome, Italy. 2021. P. 140–142.

## СИСТЕМИ ВІДЕОЗВ'ЯЗКУ БПЛА ПРИ ПРОВЕДЕННІ РОЗВІДКИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

*Маладика І.Г., к.т.н., доцент,*

*Биченко А.О., к.т.н., доцент,*

*Стась С.В., к.т.н., доцент,*

*Пустовіт М.О.,*

*Джулай О.М., к.т.н., доцент*

*Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України*

Сучасні умови оперативних дій по ліквідації наслідків НС посилили вимоги до повноти інформаційного забезпечення процесів управління оперативними діями, і як наслідок розширюються вимоги до авіаційних систем як постачальникам інформації про надзвичайні ситуації [1].

Переважна більшість безпілотних літальних апаратів (БПЛА) здійснюють обмін інформацією та телеметрійними даними з наземною станцією управління по каналам радіозв'язку. При проведенні спостереження за допомогою БПЛА можна використовувати декілька режимів роботи, одним з яких є запис події на електронний носій БПЛА з подальшим відтворенням після повернення його до точки зльоту, що є доволі незручним при проведенні оперативних дій. Найбільш зручним способом отримання фото- та відеоданих є спостереження в режимі реального часу, що передбачає передачу відеосигналу в різних форматах по радіоканалу. Обмеженням такого способу врешті-решт є значний об'єм інформації, що передається. Це зумовлює високі вимоги до систем прийому-передачі такої інформації та змушує виробників БПЛА йти на техніко-економічні компроміси.

В територіальних підрозділах Державної служби України з надзвичайних ситуацій відповідно до пункту 3.2 розділу III Правил реєстрації державних повітряних суден України у ДСНС було видано наказ про допуск до експлуатації безпілотних літальних апаратів [2]: DJI Phantom 2, DJI Phantom 2 Vision; DJI Phantom 3 Professional, DJI Phantom 3 SE; DJI Phantom 4, DJI Phantom 4 Pro V2.0, DJI Phantom 4 GL300E, DJI Phantom 4 Advanced і Hubsan H502S FPV. Наступним наказом ДСНС [3] було допущено до експлуатації БПЛА DJI Matrice 100, DJI Matrice 200, DJI Matrice 210; DJI Mavic Air, DJI Mavic 2 Zoom і Yuneec Typhoon H.

Розвідка з використанням БПЛА є процес періодичного або безперервного збору інформації про характер і параметри об'єкта розвідки для визначення тенденцій зміни його стану.

Залежно від розв'язуваної задачі на безпілотний літальний апарат можуть встановлюватися відповідні технічні засоби для її виконання, наприклад, фото- відеокамери, тепловізори, мультиспектральні камери, лазерні сканери, газоаналізатори, прилади радіаційної або хімічної розвідки тощо.

Як видно, з рисунку 1 (а), найбільшу дальність відеозв'язку здатні забезпечити останнє покоління БПЛА виробництва компанії DJI, що є спеціалізованими продуктами для комерційного використання, проте внаслідок високої вартості в ДСНС не набули поширення.

Окрім використання серійних БПЛА з інтегрованими системами відеозв'язку поширеним шляхом організації відеозв'язку з БПЛА є використання сторонніх систем, створених як на базі спеціалізованих рішень, так і на базі універсальних комп'ютерних рішень.



Як видно, з рисунку 1 (б), найбільшу дальність відеозв'язку таких систем становить 45–50 км, що в разі перевищує інтегровані системи відеозв'язку БПЛА серійного виробництва вищої цінової категорії.

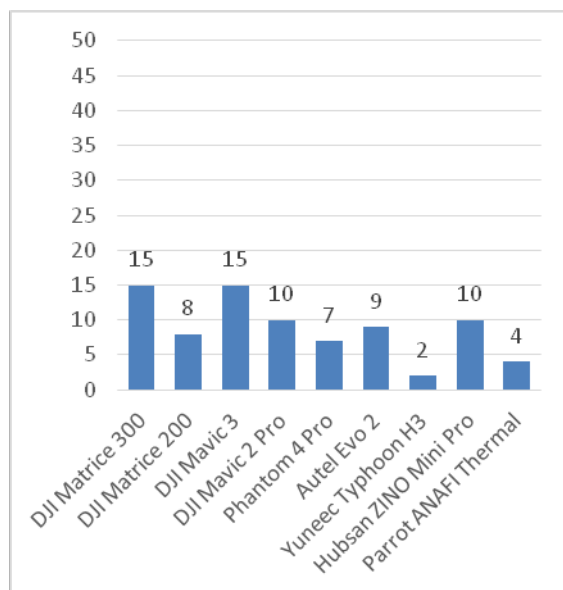


Рис. 1 (а) - Дальність відеозв'язку серійних БПЛА.

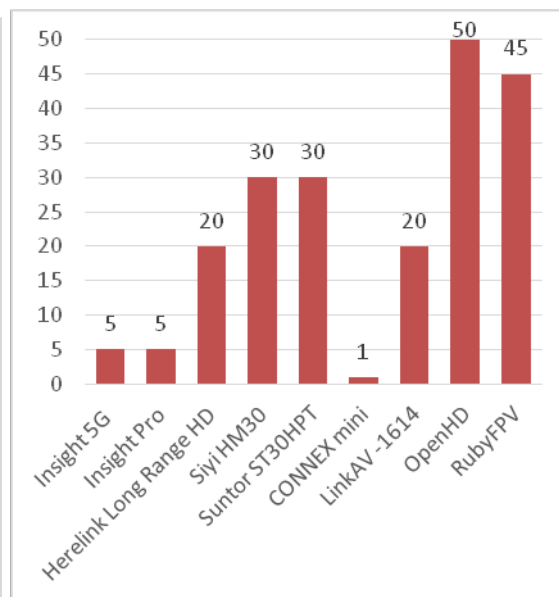


Рис. 1 (б) - Дальність відеозв'язку окремих систем.

Таким чином, можна стверджувати, що БПЛА серійного виробництва мають обмежену дальність використання в діяльності ДСНС, саме за рахунок обмеженої дальності відеозв'язку, яка складає для поширених моделей до 15 км в межах прямої видимості. Наявність перешкод зумовлених рельєфом місцевості, рослинністю, щільністю забудови, погодними умовами та джерелами електромагнітного випромінювання буде значно зменшувати дальність відеозв'язку в режимі реального часу. Тому, це зумовлює використання таких БПЛА лише для завдань точкового відеоспостереження або проведення інших робіт з невеликою дальністю польоту. Підвищити дальність відеозв'язку можливо за рахунок існуючих окремих систем, що мають необхідні технічні характеристики. Проте використання таких систем із БПЛА серійного виробництва представляється майже неможливим для переважної більшості моделей. Шляхом універсалізації парку БПЛА є розробка та створення уніфікованого БПЛА на базі існуючих технічних рішень саме для потреб ДСНС.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Тищенко О., Маладика І., Биченко А., Пустовіт М. Можливості БПЛА різних типів під час виконання завдань за призначенням у сфері діяльності ДСНС // Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій: Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції – Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2021. С. 133–135.
2. Про допуск до експлуатації безпілотних літальних апаратів : наказ ДСНС від 20.11.2018 № 675. URL: <https://www.dsns.gov.ua/ua/Nakazi/85780.html> (дата звернення: 12.01.2022 р.).
3. Про внесення змін до наказу ДСНС від 20.11.2018 № 675: наказ ДСНС від 08.02.2019 №92. URL: <https://www.dsns.gov.ua/ua/Nakazi/89229.html> (дата звернення: 12.01.2022 р.).

## АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІНОУТВОРЮВАЧІВ ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ

*Нуянзін В.М.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,*

*Ведула С.А.<sup>1</sup>,*

*Джемула Є.М.<sup>1</sup>,*

*Андрощук О.В.<sup>2</sup>,*

*<sup>1</sup>Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України,*

*<sup>2</sup>Вище професійне училище Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*

Перші піноутворювачі почали виготовляти із продуктів переробки сировини природного походження, однак через низку недоліків було розпочато роботи щодо їх розроблення на основі синтетичної сировини. Проведені роботи дали змогу створити відносно дешеві піноутворювачі, які виготовлялися з синтетичних поверхнево-активних речовин (далі – ПАР), а також обладнання для генерування піни низької, середньої та високої кратності.

Використання синтетичних ПАР дало змогу подовжити термін зберігання піноутворювачів, збільшити тактичні можливості протипожежної техніки і, врешті решт, підвищити вогнегасну ефективність самої піни. Сьогодні плівкоутворювальні піноутворювачі виробляються у багатьох країнах, їх застосування дає змогу гасити навіть найбільш складні пожежі на нафтопереробних заводах, нафтоналивних танкерах та в інших випадках, коли звичайні піноутворювачі та інші вогнегасні речовини не забезпечують бажаного ефекту.

Беручи до уваги результати пошуку та аналізу патентних матеріалів [1–4], можна зробити висновок, що принципово нових підходів до розроблення рецептур і технологій виробництва піноутворювачів за цей час не створено. Як і раніше, піноутворювачі виробляють як із сировини природного походження, так і з синтетичних ПАР. В окремих випадках рецептури піноутворювачів, виготовлених з природної сировини, містять добавки синтетичних фторвмісних ПАР (такі піноутворювачі називають фторбілковими або фторпротеїновими).

Патентування рецептур піноутворювачів їх виробниками здійснюється переважно за ознакою використання тих чи інших речовин, які виробляються (використовуються) тим чи іншим підприємством.

Аналізування інформації, наведеної у різних публікаціях [5–7], свідчить про те, що визначним чинником, який впливає на експлуатаційні характеристики (в тому числі вогнегасну ефективність) і сферу застосування піноутворювача, є його хімічна природа. Залежно від неї визначають як сферу застосування піноутворювача, так і нормовані параметри подавання його водних розчинів.

Піноутворююча здатність водних розчинів піноутворювачів загального призначення, а також вогнегасна ефективність піни, що утворюється з них, можуть погіршуватись з підвищенням твердості води, яка використовується для їх приготування тощо.

Останніми роками почала з'являтися інформація про розроблення та застосування технології пожежогасіння під назвою «One Seven». Ця технологія передбачає реалізацію нового способу генерування піни, а також використання плівкоутворювальних піноутворювачів, які мають дуже низькі концентрації робочих розчинів (близько 0,3...0,4 %). На відміну від традиційних способів генерування піни, коли вона утворюється безпосередньо в пожежному стволі, який використовується для її подавання в осередок пожежі, ця технологія передбачає одержання піни з кратністю близько 7 за допомогою ствола,

встановленого перед пожежним рукавом або трубопроводом, з подальшим її рухом цим рукавом (трубопроводом) в осередок горіння.

Перспективні напрями проведення аналітичних та експериментальних досліджень у галузі пінного пожежогасіння в Україні у теперішній час такі:

– виявлення впливу полярних добавок-антидетонаторів до моторного пального на вогнегасну ефективність піни, генерованої з робочих розчинів сучасних піноутворювачів для гасіння пожеж, а також визначення умов (тип піноутворювача, вид піни, інтенсивність, спосіб і тривалість її подавання тощо), за яких забезпечується найбільша ефективність їх гасіння (як у разі зберігання в резервуарах, так і під час гасіння розливів);

– дослідження впливу хімічної природи неполярних і полярних горючих рідин на вогнегасну ефективність піни, генерованої з робочих розчинів сучасних піноутворювачів для гасіння пожеж, а також визначення умов (тип піноутворювача, вид піни, інтенсивність, спосіб і тривалість її подавання тощо), за яких забезпечується найбільша ефективність їх гасіння (як у разі зберігання в резервуарах, так і під час гасіння розливів);

– дослідження ефективності технології «One Seven» та інших новітніх способів та розроблення рекомендацій щодо її застосування.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Звіт про науково-дослідну роботу за темою «Провести дослідження по розробці піноутворювача загального призначення та взяти участь в освоєнні його виробництва в Україні». Кер. Антонов А.В., к.т.н., с.н.с. К.: УкрНДІПБ МВС України, 1996. 192 с. Інв. №750-О.

2. Звіт про науково-дослідну роботу за темою «Провести пошукові дослідження по створенню піноутворювачів спеціального призначення (плівкоутворюючих, для використання морської води)». Кер. Білошицький М.В., к.х.н., с.н.с. К.: УкрНДІПБ МВС України, 1997. 237 с. Інв. №800-О.

3. Звіт про науково-дослідну роботу за темою «Провести дослідження по вдосконаленню рецептури піноутворювача загального призначення на основі альфа-олефісульфонатів». Кер. Білошицький М.В., к.х.н., с.н.с. К.: УкрНДІПБ МВС України, 1998. 206 с. Інв. №832-О.

4. Звіт про науково-дослідну роботу за темою «Провести дослідження з розкриття особливостей процесів припинення горіння горючих речовин під час застосування сучасних вогнегасних речовин та технологій їх подавання». Кер. Огурцов С., к.т.н., с.н.с. К.: УкрНДІЦЗ ДСНС України, 2014. 483 с.

5. Пат. 4306979 США МКИ А 62 D 1/04. Foam type fire extinguishing agent for hydrophilic combustible liquids / Toshihide T. (Японія). – №67500; Заяв. 17.08.79; Приоритет 17.08.78, №53-99461 (Японія). – Опубл. 22.12.81, т. 13, №4.

6. Патент 61-20312 Японія МКИ А 62 D 1/00, С 07 С 87/02. Пенное жидкое пленкообразующее средство для огнетушителя / Нэосу К.К. (Японія). №52-99970; Заяв. 19.08.77; Опубл. 21.05.86, №1-508.

7. Заявка 61-54424 Японія МКИ А 62 D 1/04. Пенный огнетушительный состав на основе полярной органической жидкости / Дайкин когё К.К. (Японія). №53-49583; Заяв. 24.04.79; Опубл. 21.11.86, №1-1361.

## ПРОБЛЕМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ НА СТАНЦІЯХ МЕТРОПОЛІТЕНУ

*Останов К.М., к.т.н., доцент*

*Національний університет цивільного захисту України*

На сьогоднішній день на станціях метрополітену та в вагонах метро переважно використовуються порошкові вогнегасники двох типів: у вагонах ВП-5, та на станціях пересувні ВП-50. Ті та інші відносяться до первинних засобів пожежогасіння [1]. Вагонними ВП-5, що розташовані у кожному вагоні, можуть користуватися пасажирів при незначних пожежах в салоні вагону. Для гасіння значних пожеж, що можуть виникнути й поширюватися де інде на станції, в тому числі і в електропотязі, який до неї доставлено, передбачені пересувні ВП-50. Природно, їх задіяння пов'язано з прибуттям потягу, в якому виникнула пожежа, до станції, висадкою усіх пасажирів з вагонів та, що обов'язково, в усіх випадках пожеж в метро, з відключенням напруги контактної мережі [2].

При загоряннях елементів підвагонного обладнання очевидно, що використання вагонних вогнегасників ВП-5 через люки в підлозі вагону в силу обмеженої кількості вогнегасного порошку в них (5 кг) не ефективне.

В таких випадках для гасіння під вагоном більш придатними, завдяки більшій кількості вогнегасного порошку (50 кг), можна вважати станційні ВП-50, які розташовані по обидві кінця платформи на усіх станціях. Але їх задіяння потребує багато часу та пов'язано з деякими перешкодами. Такими як: переміщення по платформі в умовах хаотичної евакуації пасажирів з вагонів та станції, налагодження для подавання у підвагонний простір розпорошеного вогнегасного порошку через люки або через просвіти між вагонами, вагоном і платформою, з безперечним дотриманням правил безпеки праці робітниками станції. В таких умовах пожежогасіння можна здійснювати практично тільки «навмання» – без абиякого моніторингу влучного потрапляння порошку до осередку пожежі, а це не додає впевненості, щодо результату локалізації чи ліквідації загоряння в підвагонному просторі електропотягу. Тобто процес гасіння таких пожеж суттєво залежить від людського фактору.

Аналогічні архаїчна схема гасіння пожеж в підвагонному просторі метро запропонована в роботі [3] Тут так само не забезпечується необхідна ефективність пожежогасіння у підвагонному просторі, в силу хибності тактичної схеми гасіння, яка не дозволяє здійснювати більш-менш прицільне подання вогнегасного порошку на елементи обладнання, що горить під вагоном.

Щоб позбутися цих недоліків при гасінні таких пожеж в роботі [4] було запропоновано спеціальний двовісний візок підвагонного гасіння пожеж. Тут, розв'язати проблему підвагонного гасіння пожежі в метро запропоновано за рахунок того, що два порошкові вогнегасники ВП-50 розміщуються на рамі двовісного візка. Візок знаходиться на напрямному шляху, розташованому всередині основної колії руху вагонів метрополітену між полушпал в поглибленні лотка водозбірника. Колісні пари спеціального візка своєю рамою приєднані до закільцьованого тросу тягової лебідки, що діє за принципом «тягни-штовхай».

Система управління рухом візка автономна і забезпечена датчиком температур і датчиком-тахометром, за допомогою яких черговий станції (оператор) контролює режими руху залежно від факту наближення візка з вогнегасниками до вогнища пожежі у підвагонному просторі. Режими відкривання модернізованих запірних пристроїв вогнегасників здійснюється дистанційно радіо сигналами. Вогнегасники із витраченим вогнегас-

ним порошком можуть бути оперативно замінені заповненими при повертанні візка до місця його дислокації. В результаті, ефективність гасіння такою технікою принципово підвищується.

Але, взагалі порошкове гасіння [5] схильне до такого природного явища, як осаджування часток порошку на землю (в даному випадку – на рейко-шпальну решітку пу-ті), а це знижує об'ємну концентрацію вогнегасної речовини (порошку) під вагоном що горить, В такому разі процеси горіння підвагонного обладнання можуть не вщухати, внаслідок чого полум'я може неконтрольно поширюватися по вагону і по потягу, а за порівняно малий проміжок часу (10–20 хв.) одиниця рухомого складу вигорає вщент. Для порівняльної оцінки цього небажаного явища підкреслимо, що час роботи одного ВП-50 складає 20 секунд.

З урахуванням тої обставини, що при пожежі в метро струм в контактну мережу не подається, то тут стає можливим говорити про потенційну наявність переваг застосування гелеутворюючих складів (ГУС) для підвагонного гасіння пожеж на станціях метрополітену. При чому, щодо поліпшені гасіння з використанням ГУС, можна додати високу вогнезахисну спроможність гелеутворюючих сполук, яка обумовлена охолоджуючою дією води, що міститься в гелі, яка з часом випарується. А після випаровування всієї води із гелевої суміші утворюється пористий шар висушеного гелю (ксероргель), який фактично виключає повторне займання горючого матеріалу об'єкта через низьку його теплопровідність [6].

Дійсно, сучасні ГУС складаються, в основному, з двох окремо збережених компонент, що можуть роздільно-одночасно подаватися в осередок пожежі. Вартість таких ГУС, порівняно з вогнегасним порошком, яким знаряджено більшість первинних засобів пожежогасіння, в 3 рази дешевше. До того ж вони мають достатньо стійкі адгезійні властивості, що дозволяють їм, шарами надійно прилипати до палаючих поверхонь, тим самим зменшуючи в рази кількість необхідної для гасіння вогнегасної речовини.

Таким чином, слід вважати, що задіяння на пожежах в метро більш ефективних вогнегасних речовин, зокрема ГУС, разом з новими пристроями їх використання – це перспективне завдання до рішення двоєдиної проблеми вдосконалення заходів протипожежного захисту на станціях метрополітену.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. DSTU 3675-98 Pozhezhna tekhnika. Vohnehasnyky perenosni. Zahalni tekhnichni vymohy ta metody vyprobuvan. Kyiv, 1998.
2. Pravyly pozhezhnoi bezpeky v metropolitenakh. Kyiv, 2012.
3. S.I. Trusov, S.A. Kolodyazhnyiy, V.Ya. Manohin. Pozharnaya bezopasnost metropolitena. *Stroitelstvo i arhitektura*. 4. 2011. P. 203–207.
4. V.V. Sirovoy, I.K. Kirichenko Osobennosti podvagonnogo tusheniya pozharov v metro. *Problemy tekhnohenno-ekolohichnoi bezpeky: osvita, nauka, praktyka*. 2019. P. 75–77.
5. De-xu Du, Xu-hai Pan, Min HUA Experimental study on fire extinguishing properties of compound superfine powder. *Procedia Engineering*. 218. 2018. P. 142–148.
6. D. Saveliev, O. Khrystych, O. Kirieiev Binary fire-extinguishing systems with separate application as the most relevant systems of forest fire suppression. *European Journal of Technical and Natural Science*. 1. 2018. P. 31–36.



**ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ТИПУ РУКАВІВ НА ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПОЖЕЖНИХ КРАН-КОМПЛЕКТІВ**

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

*Національний університет цивільного захисту України*

Запобігання надзвичайним ситуаціям, що пов'язані з пожежами в будівлях, є актуальною задачею сучасності в мирний час та особливо у важки для України години воєнного стану. Комплекс протипожежного захисту будівель призначений для реалізації функцій запобігання виникненню пожеж, а у випадку їх виникнення – локалізації та ліквідації загорянь в найкоротший термін. Одним з елементів, що є складовою системи протипожежного захисту (СППЗ) та є обов'язковим для встановлення в будівлях будь-якого призначення (за умовою наявності внутрішнього протипожежного водопроводу), є пожежні кран-комплекти (ПКК) діаметром 25 мм, які встановлюються в шафах ПКК діаметром 50 або 65 мм. За вимогами [1] ПКК комплектуються відповідно до вимог [2], а саме: довжина рукава – до 30 м, діаметр рукава – 19 мм, 25 мм або 33 мм, тип рукава – напівжорсткий, діаметр випускного отвору розпоршувача –  $(4 \div 12)$  мм. Але, аналіз Приписів про усунення порушень вимог законодавства у сфері техногенної та пожежної безпеки, які складаються за результатами перевірок пожежно-технічного стану будівель за останні п'ять років показав, що найчастіше будівлі або взагалі не комплектуються додатковими ПКК діаметром 25 мм, або комплектуються з відхиленням від вимог нормативних документів. Так основним порушенням є те, що додаткові ПКК оснащуються плоскозгорнутими рукавами замість напівжорстких, що може повністю виключити доцільність використання таких елементів СППЗ.

Для визначення впливу типу рукава на доцільність використання ПКК на початковій стадії гасіння пожежі було проведено визначення опору рукавів різних типів [3, 4]: напівжорсткого (яким комплектується ПКК відповідно до вимог нормативного документу) та плоскозгорнутого (який найчастіше реально розміщується в шафі основного ПКК), а також визначення залежності фактичних витрат води з ПКК (що є показником доцільності використання ПКК) від опору рукава [5].

Дослідження опору рукавів виконувались експериментально з використанням теорії планування експерименту. При проведенні експерименту рукав приєднувався до трубопроводу водопровідної мережі, в який тиск змінювався в межах  $(0,02 \div 0,9)$  МПа, а для виміру витрат води використовувався лічильник води. Вимірювання витрат напору в рукавах ПКК виконувалось в залежності від тиску в мережі, ступеня розгортання напівжорсткого рукава або прямолінійності прокладання для плоскозгорнутого рукава, довжини рукава при його діаметрах 19 мм, 25 мм та 33 мм.

За результатами проведеного експерименту було встановлено, що для плоскозгорнутих рукавів, якими комплектуються ПКК, залежно від діаметра рукава, тиску в мережі та відстані від точки підключення рукава до точки розташування ствола, втрати напору в рукаві діаметром 19 мм можуть знаходитись в межах  $(1,1 \div 2,4)$  м, а втрати напору у рукаві діаметром 25 мм можуть змінюватись в межах  $(0,04 \div 1,16)$  м. При цьому необхідно враховувати факт, що для використання плоскозгорнутого рукава за призначенням (для гасіння пожежі) його необхідно розгорнути на всю довжину, незалежно від відстані до осередку пожежі, що в умовах обмеженого простору може стати додатковим ускладнюючим фактором.

Аналогічні дослідження опору напівжорстких рукавів показали, що при фіксованій довжині (30 м) та найчастішому використанні в умовах неповного розгортання (частково

намотаного на котушку або барабан), значення опорів мають значно менший діапазон змін та залежність від впливу інших факторів.

Дослідження впливу опорів рукавів на доцільність використання ПКК дозволили зробити наступні висновки:

– при використанні ПКК, приєднаних до господарсько-питної водопровідної мережі (квартирні ПКК висотних житлових будівель) фактичні витрати в межах 0,135–1,09 л/с може бути забезпечено використанням рукавів напівжорстких або плоскозгорнутих діаметром 19 мм довжиною 16 м з розпорошувачем діаметром від 5 до 12 мм (можливо використання рукавів діаметром 25 або 33 мм, але при цьому комплектувати ПКК насадком діаметром не менш 8 мм);

– при використанні ПКК, приєднаних до внутрішнього протипожежного водопроводу – рукава напівжорсткі та плоскозгорнуті діаметром 25 або 33 мм довжиною 29,6 м з розпорошувачем діаметром від 5 до 12 мм, фактичні витрати води можуть знаходитися в межах 0,33–2,53 л/с.

Фактична кількість води, що може бути одержана з ПКК, укомплектованого рукавами різних типів, достатня для відведення теплоти, що виділяється в результаті пожежі на початковій її стадії, що обумовлює доцільність використання таких ПКК.

**Висновки.** На втрати напору рукавів ПКК значний вплив має їх тип: плоскозгорнуті або напівжорсткі. Дослідження показало, що комплектування ПКК рукавами різного типу обумовлює різні принципи їх використання: часткове розгортання для напівжорсткого рукава та обов'язкове повне розгортання для плоскозгорнутого. Діапазон змін втрат напору в залежності від тиску в мережі, ступеня розгортання напівжорсткого рукава або прямолінійності прокладання для плоскозгорнутого рукава, довжини рукава більш значний для плоскозгорнутого рукава, але дослідження фактичних витрат води (умов доцільності використання ПКК) показали, що на початковій стадії розвитку пожежі успіх її гасіння може бути забезпечений обома типами рукавів. Остаточне рішення про вибір типу рукавів окрім економічного розрахунку повинно базуватися на аналізі конструктивних особливостей будівлі, в якій ПКК розташовуються.

## ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5–64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво. [Чинний від 2013-01-03]. Київ, 2013. 135 с. (Державні будівельні норми).
2. Стационарні системи пожежогасіння. Кран-комплекти пожежні. Частина 1. Кран-комплекти з напівжорсткими рукавами. Загальні вимоги. ДСТУ EN 671-1:2017. [Чинний від 01–10–17]. К.:ДП «УкрНДНЦ», 2017. 41 с. (Державний Стандарт України).
3. Петухова О.А., Горносталь С.А., Щербак С.М. Визначення факторів, що впливають на опір рукавів пожежних кран-комплектів. Проблеми пожежної безпеки. Харьков, 2014. Вып. 36. С. 180–183. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1800>.
4. Петухова О.А., Щербак С.М. Визначення втрат напору плоскозгорнутих рукавів, якими комплектуються пожежні кран-комплекти. Проблеми пожежної безпеки. Харьков, 2016. Вып. 39. С. 196–200. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/2941>.
5. Петухова О.А., Горносталь С.А., Щербак С.М. Визначення ефективності використання пожежних кран-комплектів у висотній житловій будівлі. Проблеми пожежної безпеки. Харьков, 2019. Вып. 46. С. 132–136. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/10569>.

**БАГАТОФАКТОРНА МОДЕЛЬ ПІДВОДНОГО РОЗМІНУВАННЯ  
(НА ПРИКЛАДІ ПІДРИВУ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНОГО ПРЕДМЕТУ)***Соловійов І.І.<sup>1</sup>,**Стрілець В.М.<sup>2</sup>, д.т.н., професор**<sup>1</sup>АРЗ СП ГУ ДСНС України у Херсонській області,**<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України*

Як в нашій країні, так і за кордоном накопичено величезний досвід щодо попередження та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, які пов'язані із розмінуванням вибухонебезпечних предметів на суходолі. В той же час питання підвищення ефективності розвідки та розмінування водного середовища, особливо з урахуванням агресії Російської Федерації на Сході нашої країни, вимагають свого покращення, оскільки кількість вибухонебезпечних предметів, які забруднюють мирні акваторії, суттєво не зменшується [1].

В доповіді показано, що важливою та нерозв'язаною частиною проблеми є відсутність науково-методичного апарату обґрунтування пропозицій щодо підготовки особового складу ДСНС України до підводного розмінування за результатами аналізу багатофакторних імітаційних моделей.

Відмічено – підводне розмінування спеціалізованим підрозділом уявляє собою процес функціонування системи «надзвичайна ситуація, що пов'язана із підводним розташуванням вибухонебезпечного предмету – спеціальні засоби підводного розмінування – водолаз-сапер». З урахуванням цього були виділені такі значимі фактори, які характеризують процес підводного розмінування як системи:  $X_1$  – рівень підготовленості водолаз-сапера;  $X_2$  – умови, в яких працює особовий склад;  $X_3$  – рівень оснащеності.

Аналіз відібраних факторів та результати експериментальних досліджень [2] показують, що рівень  $x_1$  підготовленості водолазів-саперів впливає на час підводного розмінування нелінійно. Так, підвищення рівня практичної виучки особового складу буде сильніше впливати на час підводного розмінування при переході від початкового рівня підготовленості (нормована оцінка  $x_1=-1$ ) до фахового (нормована оцінка  $x_1=0$ ), ніж від фахового до високофахового (нормована оцінка  $x_1=+1$ ). Останній відповідає рівню водолазів-саперів, які мають 1 клас або є Майстрами своєї справи.

Аналогічно розглядались три рівні умов, в яких проводиться підводне розмінування. Гарним (нормована оцінка  $x_2=+1$ ) відповідають гарна видимість, відсутність течії та глибина до 3 метрів. Звичайним (нормована оцінка  $x_2=0$ ) – обмежена видимість на відстані більше 3 м, незначна течія та глибина від 3 м до 6 м, а поганим (нормована оцінка  $x_2=-1$ ) – обмежена видимість на відстані менше 3 м, значна течія та глибина більше 6 м.

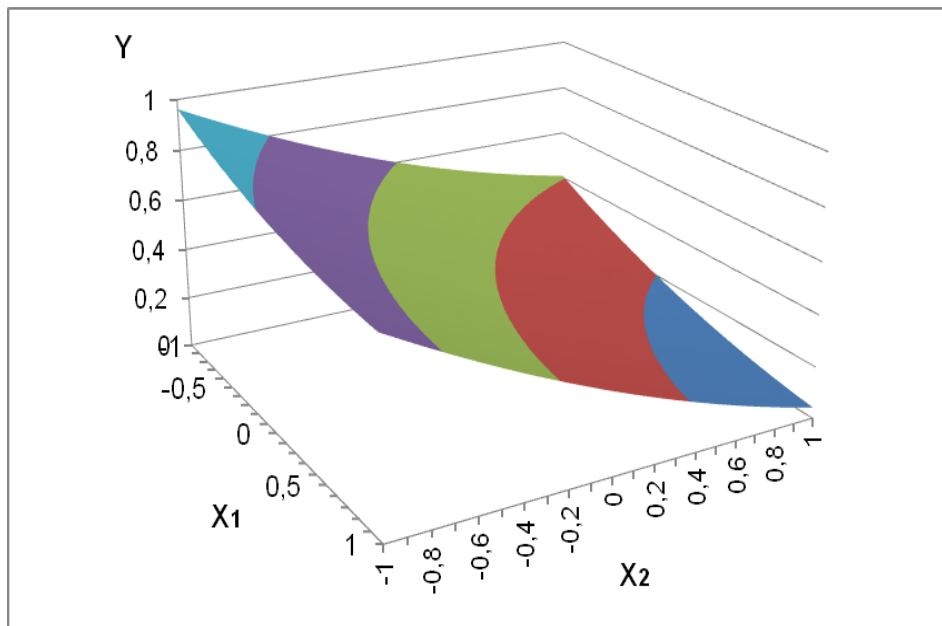
Стосовно рівня оснащеності в нашому випадку на сьогоднішній день можна говорити про два рівні: використання сухого (нормована оцінка  $x_3=-1$ ) та мокрого (нормована оцінка  $x_3=+1$ ) гідрокостюмів.

За результатами застосування методу експертних оцінок у відповідності до [3] було отримано багатофакторну математичну моделі в кодованих перемінних підриву вибухонебезпечного предмету на глибини

$$U_{\text{підрив}} = 0,412 - 0,153 \cdot x_1 - 0,307 \cdot x_2 - 0,043 \cdot x_3 + 0,043 \cdot x_1^2 + 0,065 \cdot x_2^2 - 0,029 \cdot x_1 \cdot x_2$$

де  $x_1$  – нормована оцінка рівня підготовленості водолазів-саперів;  $x_2$  – нормована оцінка умов надзвичайної ситуації;  $x_3$  – нормована оцінка спорядження (мокрого або сухого) водолаз-сапера.

Аналіз отриманої моделі показав (рис.1), що можна не враховувати квадратичний ефект від застосування сухого чи мокрого костюму, а також ефекти взаємодії рівня підготовки водолазів-саперів та умов підводного підриву з тим, в яких костюмах вони працюють.



**Рис.1. Багатофакторна модель підриву вибухонебезпечного предмету на глибині.**

Відмічено, що підвищену увагу потрібно звернути на підготовку водолазів-саперів, особливо з первинним рівнем, до роботи в складних умовах; планування оперативної діяльності піротехнічного підрозділу, а також застосування нових технічних рішень, щоб зменшити вплив поганих умов підводного розмінування.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Соловійов І.І., Стрілець В.М. Проблемні питання виконання робіт з підводного розмінування. Енергозбереження та промислова безпека: виклики та перспективи. Третя міжнародна науково-практична конференція. Київ: КПІ, ННДІ ПБтаОП. 2020. С. 225–231.
2. Соловійов І.І., Стецюк Є.І., Стрілець В.М. Закономірності розходу повітря під час підводного розмінування водних акваторій. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2020. № 2 (32). С. 132–144.
3. Соловійов І.І. Математична модель підводного розмінування водолазами-саперами ДСНС України. *Комунальне господарство міст*. 2021. № 6 (166). С. 175–183.

## ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМ І КОМПЛЕКСІВ У ГУМАНІТАРНОМУ РОЗМІНУВАННІ

*Толкунов І.О.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,*

*Попов І.І.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,*

*Янушкевич Д.А.<sup>2</sup>, к.т.н., с.н.с.*

*<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,*

*<sup>2</sup>Харківський національний університет радіоелектроніки*

Історія існування людства на Землі завжди була пов'язана із веденням воєн та воєнних конфліктів, які супроводжуються широким застосуванням протидіючими сторонами різноманітних типів боєприпасів: систем залпового вогню і керованої зброї, авіаційних, артилерійських і мінометних боєприпасів, протитанкових і протипіхотних мін, засобів ближнього бою та саморобних вибухових пристроїв (СВП). Країни, на території яких велися бойові дії або існують воєнні конфлікти, які були породжені міжнародними та міжнаціональними визвольними рухами (наприклад: Ірак, Сирія, Афганістан, колишня Югославія, Україна тощо), обов'язково стикаються з проблемами гуманітарного розмінування. Найбільшу загрозу для людей, особливо для цивільного населення, становлять протипіхотні міни у зв'язку із їх підступністю і масовістю застосування, необізнаністю пересічних громадян тощо.

Згідно зі звітом Міжнародного руху за заборону протипіхотних мін (International Campaign to Ban Landmines, ICBL) за 2020 рік, 2019-й рік став одним з найтрагічніших за рівнем смертності від вибухів мін в світі. Найбільше число смертей від розривів мін було зафіксовано в Афганістані, Колумбії, Іраку, Малі, Нігерії, Україні та Ємені. Третина (33 %) смертей від вибухів протипіхотних мін в 2019 р. була зафіксована в 55 країнах, що приєдналися до Оттавського договору. Вибухи протипіхотних мін в 2019 р. забрали не менше 2 170 життів по всьому світу, ще 3 357 осіб отримали поранення. Понад 80 % загиблих від вибухів мін – цивільні особи, 43 % з яких діти. Так за роки воєнного конфлікту на Донбасі (Україна), який почався у 2014 р., територія цього регіону перетворилася на одну з найбільш насичених мінами й вибухонебезпечними предметами (ВНП) територій в світі. За оцінкою Організації Об'єднаних Націй (ООН), за роки війни тут заміновано 2,7 млн. га землі, з них 700 тис. га на території, підконтрольній урядові України та орієнтовно 2 млн. га на окупованих територіях Донецької та Луганської областей. На цих територіях може знаходитися близько 3,3 млн. протипіхотних мін та ВНП та СВП. На розмінування цих територій знадобиться не менше 25-30 років, а за деякими оцінками – до 50 років. В загальному у всіх регіонах світу на територіях 64 країн встановлено близько 110 млн. мін і близько 100 млн. їх знаходиться на складах в готовності до негайного застосування.

Згідно із Законом України від 06.12.2018 №2642-VIII «Про протимінну діяльність в Україні», в нашій державі активно розвивається система гуманітарного розмінування, значну допомогу в цьому процесі надають міжнародні організації, такі як Британська неурядова компанія HALO Trust, Женевський міжнародний центр з гуманітарного розмінування (GICHD), Данська група з розмінування (DDG) тощо. Як доводить аналіз виконання робіт з гуманітарного розмінування на території України урядовими організаціями та міжнародними операторами, з огляду на щільність забруднення та складність рельєфу, ці роботи в основному здійснюються ручними методами, однак міжнародний досвід підтверджує необхідність створення технічних засобів, зокрема робототехнічних систем та комплексів (РТСК) військового (подвійного) призначення, включаючи РТСК для проведення гуманітарного розмінування. В Україні та світі проведено ряд дослі-



джень теоретичного та експериментального характеру, в результаті яких розроблені дослідні зразки таких РТСК, в тому числі і для проведення гуманітарного розмінування, мобільних роботів та проведена їх апробація [1]. Застосування РТСК обумовлюється намаганням усіх країн світу до збереження життя людей, як в бойових умовах (в контексті якого використання РТСК дозволяє досягти позитивні результати), а також в процесі гуманітарного розмінування територій, на яких знаходяться вибухонебезпечні предмети.

Більшість країн світу, активно розробляють РТСК, які здатні з високим ступенем автономності здійснювати пошук, ідентифікацію та знищення ВВП й СВП без участі людини (рис. 1 та 2). Так у Збройних силах США планується, що до 2030 року частка РТСК складатиме до 30 % від загального складу бойових машин. За оцінками американських військових фахівців, бойові можливості підрозділів оснащеними РТСК зростуть в 2–2,5 рази.



**Рис. 1. Дистанційно керована машина «TALON».**



**Рис. 2. Машина для розмінування з дистанційним керуванням MV-4.**

Стратегія воєнної безпеки України, яка затверджена Указом Президента від 25.03.2021 р. №121/2021, також передбачає розроблення, виробництво та оснащення Збройних Сил України та інших військових формувань сучасним озброєнням, військовою та спеціальною технікою, у тому числі робототехнічними системами та комплексами [2].

Таким чином, аналіз сучасного стану та виявлення закономірностей і перспектив розвитку робототехнічних систем та комплексів, призначених для пошуку та ідентифікації вибухонебезпечних предметів та саморобних вибухових пристроїв без участі людини, є актуальним завданням, частковому вирішенню якого були присвячені наведені результати досліджень.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Янушкевич Д.А., Іванов Л.С. Роботизовані засоби спеціального призначення: аналіз міжнародних нормативних документів [Електронний друк] / Виробництво & Мехатронні Системи 2021. Матеріали V Міжнародної конференції, Харків, 21–22 жовтня 2021 р. Харків: ХНУРЕ, 2021. С. 176–179.
2. Струтинський В.Б., Юрчишин О.Я., Кравець О.М. Розвиток основних положень проектування маніпуляторів мобільних роботів спеціального призначення адаптованих для роботи з небезпечними об'єктами. Матеріали XXII міжнародної НТК «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. С. 129–131.

## ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПОЖЕЖНИМИ ПІДРОЗДІЛАМИ РІЗНОЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СПРОМОЖНОСТІ

*Федоряка О.І.,*

*Кустов М.В., д.т.н., доцент*

*Національний університет цивільного захисту України*

Частиною проблемних питань автоматизованих систем вирішення транспортних задач для пожежних підрозділів різного функціонального призначення є відсутність відповідних геоінформаційних систем управління.

Особливістю науковообгрунтованої структури геоінформаційних систем управління пожежними підрозділами різної функціональної спроможності виступає поширеність інтегрованих карт, деталізація необхідних складових яких наведена на рис. 1.



**Рис. 1.** Структура геоінформаційних систем управління пожежними підрозділами різної функціональної спроможності.

Базою побудови пропонованого GIS-сервісу має бути географічна мапа місцевості із зазначенням висот місцевості, водних перешкод та інших географічних особливостей.

Наступним шаром має бути транспортно-комунікаційна мережа із зазначенням шляхів руху автотранспорту.

Необхідною інформацією є стан трафіку транспортної мережі та її пропускної здатності. У залежності від обраного програмного комплексу ця інформація може бути або інтегрована в загальний шар транспортної мережі, або бути окремими шаром.

Обов'язковим шаром є розміщення забудов. Доцільно презентувати цей шар у форматі 3D, оскільки висотна характеристика будівель є важливою інформацією для управління процесом гасіння пожежі.

Мапа забудови повинна мати градування локальної території за рівнем пожежної небезпеки для встановлення пріоритетних об'єктів пожежної охорони. Доцільним є активізація позначок об'єктів, що представляють підвищений пожежний ризик, для на-

дання додаткової інформації при активації (контакти керівника або диспетчера об'єкту, напруга електроживлення, план об'єкту тощо).

На шар забудови має накладатись шар із зазначенням місця виникнення пожежі. Це місце може бути прив'язане до конкретного об'єкту або розміщене у довільному місці простору. Позначки пожеж повинні бути інтерактивними для надання необхідної важливої інформації при активації (назва та основні характеристики об'єкту, можливі додаткові небезпеки, які частини надають техніку за відповідним номером виклику тощо).

Наступним шаром є мапа розміщення пожежних депо із зазначенням наявності спеціальної техніки в них. При цьому така мапа повинна мати інтерактивний характер для можливості варіювання як місцем розміщення підрозділу при проведенні проектування забудови локальної території, так і якісного та кількісного складу підрозділу.

Кожна розміщена на шарі позначка пожежно-рятувальної частини має бути інтерактивною та при активації надавати необхідну оперативну інформацію.

Завершальним шаром повинна бути мапа маршруту руху пожежного підрозділу від пожежної частини до місця виникнення пожежі. Цей шар будується безпосередньо програмним комплексом GIS із використанням всього комплексу представленої бази даних.

Таким чином, процедура роботи із запропонованою структурою геоінформаційної системи управління пожежними підрозділами різної функціональної спроможності полягає у наступному:

- оперативний диспетчер, отримавши повідомлення про пожежу, позначає це місце на інтерактивній карті GIS додатку - програма автоматично визначає пожежно-рятувальний підрозділ, до району виїзду якого відноситься ця пожежа - диспетчер погоджує та активізує цей виклик для контролю хибного виклику;

- під час збору та виїзду пожежно-рятувального підрозділу до місця пожежі диспетчер додає до програми додаткову інформацію, яка може бути корисною - мобільний GIS додаток у керівника підрозділу автоматично визначає найшвидший маршрут руху до місця пожежі з урахування дорожньої ситуації та трафіку - пожежно-рятувальний підрозділ вже на етапі слідування отримує актуальну інформацію на мобільний GIS додаток та має змогу ознайомитись з особливостями об'єкту;

- при необхідності виклику додаткових сил та засобів керівник гасіння пожежі та організований ним штаб за допомогою GIS додатку визначають, який вид аварійно-рятувальної техніки та її кількість є у найближчих пожежно-рятувальних частинах - GIS додаток допомагає керівнику визначити, з якої пожежно-рятувальної частини найшвидше прибуде необхідна техніка з урахуванням дорожньо-транспортної мережі та трафіку;

- при виникненні одночасно декількох пожеж у різних місцях локальної території інформація про наявність аварійно-рятувальної техніки в пожежно-рятувальних частинах оновлюється та відповідає реальній ситуації на момент виклику того чи іншого підрозділу.

Запропонована структура геоінформаційної системи управління пожежними підрозділами різної функціональної спроможності, складаючись з 8 шарів, у тому числі з інтерактивною функцією, дозволяє збирати, оперативно актуалізувати та розширювати необхідну для швидкого реагування інформацію.

## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РОБОТИЗОВАНОЇ ТЕХНІКИ УКРАЇНСЬКИМ ВИРОБНИКАМИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОЗВІДКИ МІСЦЕВОСТІ

*Шевчук О.Р., к.н. з держ.упр.,  
Національний університет цивільного захисту України*

Зазвичай новітні розробки роботизованої техніки впроваджує Японія, Сполучені Штати Америки чи Китайська Народна Республіка, але і Україна прагне не відставати від розвитку в сфері роботизованих апаратів, котрі полегшують, а в деяких випадках і оберігають людські життя від різноманітних ризиків [1, 2].

На базі Міжрегіонального центру гуманітарного розмінування та швидкого реагування ДСНС України у навчально-тренувальному комплексі з ручного розмінування та ідентифікації вибухонебезпечних предметів було представлено та продемонстровано можливості дистанційно-керованих наземних роботизованих апаратів для пошуку та знешкодження вибухонебезпечних предметів.

Було продемонстровано два дослідних робото-технічних дистанційних апаратів для проведення робіт з розмінування території українських конструкторів, а саме від ТОВ Київський механічний завод «МАГІСТРАЛЬ» ім. М.П. Шульгіна та ГС «Консорціум ветеранських організацій Сходу».

Перший роботизований апарат - це дослідна дистанційно-керована наземна платформа (ДКНП) для виявлення вибухонебезпечних предметів на пересічній місцевості та на різних типах ґрунтів.



**Рис. 1.** Дослідна дистанційно-керована наземна платформа (ДКНП).

Цей апарат являє собою наземний роботизований колісний апарат на електричному приводі, що керується оператором дистанційно на відстані близько 300 метрів для проведення робіт з розвідки місцевості, за допомогою, попереду встановленого пошукового елемента.

Конструктори роботизованого апарату встановили на нього навігаційну систему позиціонування в режимі реального часу, що забезпечує рух апарату за встановленим маршрутом в автоматизованому режимі. Роботизований апарат призначена для виявлення вибухонебезпечних предметів в поверхневому шарі різних типів ґрунтів.



Наступний апарат, який був представлений, також має дистанційне керування на гусеничному ході з маніпулятором та може виконувати завдання для знешкодження вибухонебезпечних предметів в умовах пересіченої місцевості.



**Рис. 2.** Дослідна дистанційно-керована наземна платформа (ДКНП) для виконувати завдання зі знешкодження вибухонебезпечних предметів в умовах пересіченої місцевості.

Розробники пройшли до висновку, що при використанні даного роботизованого апарату, можна вилучати підрильник з вибухових речовин, вигвинчувати підрильники з вибухонебезпечних предметів, а також підіймати та транспортувати вибухові предмети до місця де буде проведено його знищення.

Особливу увагу, слід приділити тому, що за допомогою таких роботизованих апаратів, можливо дистанційно встановлювати абордажну (саперну) кішку під протитанкові міни, або під протипіхотні розтяжки, для подальшого їх зісмикування, що призводить до їх ініціації або знешкодженню.

Таким чином, приходимо до висновку, що за допомогою українських конструкторів від ТОВ Київський механічний завод «МАГІСТРАЛЬ» ім. М.П. Шульгіна та ГС «Консорціум ветеранських організацій Сходу» робототехнічні груп піротехнічних підрозділах в Державної служби з надзвичайних ситуацій можуть почати стрімкий розвиток та впровадження в роботу їх розробок, за для зменшення ймовірного ризику загрози травмування та фатальних випадків при розмінуванні територій.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Рад Б.Я., Яковлев С.О. Робототехніка. М.: Вищ. шк., 2005. 271 с.
2. Соловійов І.І., Стрілець В.М. Проблемні питання виконання робіт з підводного розмінування. Енергозбереження та промислова безпека: виклики та перспективи: науково-технічний збірник: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (2–3 червня 2020 року, м. Київ). Київ: Основа, 2020. С. 225–231.



**СЕКЦІЯ 4**

**ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЯ, РАДІАЦІЙНИЙ  
ТА ХІМІЧНИЙ ЗАХИСТ**

УДК 678.5.067

**ВПЛИВ ПРИРОДИ ПІГМЕНТІВ ТА БАРВНИКІВ НА ФАРБУЮЧІ  
ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІМЕРНИХ СУПЕРКОНЦЕНТРАТІВ**

*Близнюк О.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Васильченко О.В.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,  
Данілін О.М.<sup>2</sup>, к.т.н.,  
Дармофал Е.А.<sup>3</sup>, к.т.н., доцент,  
G. Wengge<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,

<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України,

<sup>3</sup>Харківська державна академія фізичної культури,

<sup>4</sup>Університет Упсали, Швеція

Для отримання забарвлених полімерних матеріалів існує дві можливості введення колоранта: шляхом забарвлення полімерного матеріалу в масі або ж додавання концентрату, до складу якого входить полімер, колорант та спеціальні добавки.

Технічні продукти вживані як пігменти повинні володіти комплексом властивостей, що змінюється залежно від призначення пігментів, складу і властивостей полімеру, умов експлуатації виробу [1].

Важливими властивостями пігментів, що використовуються в харчовій промисловості крім міцності, щільності, криючої здатності вважають фарбувальну здатність та не токсичність.

Оцінка токсичності колорантів безперервно передивляється, оскільки з'являються все нові аналітичні методи в області екології. Так, широко використовувані у минулому хромати і сульфохромати свинцю, кадмієві пігменти і дісазопігменти, в даний час заборонені до вживання унаслідок їх високої токсичності [2].

Виробники харчової багатошарової поліетиленової плівки (плівка для упаковки молочних продуктів) потребують для неї якісного насиченого кольору та гарантованої нетоксичності. Тому вивчення можливостей виготовлення нетоксичних плівок заданого кольору, які відповідають технологічним вимогам є актуальним.

Проблема, яка потребує вирішення, в цьому випадку заключається в тому, що для зменшення усадки при охолодженні логічним було б збільшити час охолодження в литій формі. Проте практично здійснити це неможливо по економічним причинам [3]. Слід зазначити, що величину усадки і можливого викривлення забарвлених полімерних виробів розрахувати неможливо, а можна визначити лише дослідним шляхом. Тому в роботі вивчався вплив природи пігментів на ступінь забарвлення полімеру, та дослідження шляхів поліпшення якості забарвлення.

Для даної роботи було прийнято в якості одного з показників, що впливає на міру фарбування – дисперсність пігменту і здатність збиватися в агломерати в розплаві полімеру. Шляхом для поліпшення дисперсності пігменту в розплаві було прийнято введення в систему ПАР.

Необхідно визначити найефективніші добавки та концентрацію у складі суперконцентрату пігменту, отриманого на двошнековом екструдері. Необхідно дослідити ступінь розподілу пігменту в масі фарбованого виробу, визначити фарбуючу здатність, колір і кількість агломератів пігментів [4].

Отриманий суперконцентрат пігменту має відповідати наступним вимогам:

– добре змішуватися з полімерним матеріалом, для того щоб гарантувати рівномірний розподіл пігменту в масі:

- не впливати на фізичні і хімічні властивості продукту;
- мати високу термо- та світло стабільність;
- мати насичений колір;
- бути нешкідливим в готовому продукті (виробі);
- мати невелике дозування.

В роботі експериментально вирішується проблема зменшення усадки забарвленого полімеру в литній формі при охолодженні та збереження його технічних характеристик [5]. З цією метою вивчається вплив природи пігментів на ступінь забарвлення полімеру, та досліджуються шляхи поліпшення якості забарвлення.

Об'єктом дослідження обрано концентрат пігменту на основі поліетилену високого тиску марки 15803-003. Пігментом обрано технічний вуглець марок N220, П803. Модифікуючими добавками служили поверхнево-активні речовини. Проведені випробування зразків з визначення світлостійкості фарбування, міграційної стійкості, кількості агломератів пігментів, ударної в'язкості та міцності, фізико-механічних властивостей показали, що для вуглецю П803 (крім ПЕГ) використання запропонованих модифікаторів, усіх концентрацій збільшує ударну в'язкість і міцність на згин, а N220 навпаки. На нашу думку це пов'язано з дисперсністю вуглецю та способами з отримання (вуглець П803, на відміну від N220 не піддається додатковій грануляції і тому краще диспергується в композиції, відповідно має кращі показники в порівнянні з базовими).

За результатами експерименту по розробці та виготовленню суперконцентрату чорного кольору, було зроблено аналіз плівок пофарбованих зразками концентратів за основними показниками: колір, покриваність, кількість агломератів (диспергованість пігменту у масі полімеру), та інтенсивність фарбування.

Виявлено, що найбільш ефективною добавкою для поліпшення фарбувальних властивостей пігменту сажі марки N220 і поліпшенню товарного вигляду готової продукції окрашеної концентратом, є введений в суперконцентрат стеарат кальцію, який на стадії змішення в екструдері виступає як поверхнево-активна речовина і перешкоджає злипанню пігменту і утворенню агломератів в розплаві полімеру.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Мюллер А. Окрашивание полимерных материалов / Пер. с англ. С.В. Бронникова. СПб. Профессия, 2006.
2. Мартин Бастиан. Окрашивание пластмасс. Санкт-Петербург, Профессия, 2011.
3. Anna Marzec. The effect of dyes, pigments and ionic liquids on the properties of elastomer composites. *Polymers*. Université Claude Bernard - Lyon I; Uniwersytet łódzki, 2014.
4. Shireen H. Challoor, Ali A. Salman, and Dalia Adil Rasool. (2020) Modification of self-compacting colored concrete by adding some polymers. *AIP Conference Proceedings* 2213, 020321.
5. Vasilchenko A., Danilin O., Lutsenko T., Ruban A., Nestorenko D. Features of some polymer building materials behavior at heating. *Materials Science Forum*. 2020. 1006. P. 47–54.

## КОМПАРАТИВНИЙ АНАЛІЗ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗАЛЕЖНО ВІД МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ВОГНЕЗАХИСТУ

*Вовк Н.П., к.пед.н., доцент*

*Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України*

Вогнезахист є складовою частиною загальної системи заходів щодо забезпечення пожежної безпеки, він є основним засобом профілактики пожеж, а також пасивним засобом захисту від них.

Сталеві конструкції є неодмінним атрибутом сучасного будівництва, проте в умовах пожежі протягом певного часу втрачають частину своєї несучої здатності. Міцність сталі як будівельного конструкційного матеріалу, в умовах впливу високої температури, була детально вивчено рядом дослідників [1, 3, 5]. Зокрема, у роботах [1, 3] йдеться, що за температурного впливу в межах 500–550 °С сталь здатна витримувати 60 % прикладеного від початку випробування навантаження. Таким чином, 500 °С вважається критичною температурою, яку будівля зі сталевих конструкцій здатна витримати.

Отже, вогнестійкість металевих конструкцій без вогнезахисту є низькою і не відповідає встановленим вимогами пожежної безпеки нормованим значенням.

Оцінювання вогнестійкості будівельних конструкцій (окремої конструкції, частини конструктивної системи або конструктивної системи в цілому), у тому числі із застосуванням вогнезахисних матеріалів, враховує такі етапи [2]: – вибір проектних сценаріїв пожежі; – визначення відповідних температурних режимів пожежі; – визначення підвищення температури (теплого стану) в будівельних конструкціях та (або) напружено-деформованого стану будівельних конструкцій в умовах пожежі.

Як показує аналіз досліджень [1, 3, 5, 6], на сьогодні досягнутий істотний прогрес у розробці складів, які дають змогу підвищувати до необхідних значень показники вогнестійкості металевих конструкцій. Сучасний вогнезахист металевих конструкцій потребує використання полегшених матеріалів та легких заповнювачів, спученого перліту, вермикуліту і мінерального волокна. Методи вогнезахисту металевих конструкцій полягають у використанні: – теплоізоляційних штукатурок, які складаються з цементу або гіпсу, перлітового піску або вермикуліту, рідкого скла; – вогнезахисних покриттів на основі азбесту або гранульованого мінерального волокна; – фарб, що спучуються, які представлені складними системами органічних та неорганічних компонентів.

Поширеними засобами для забезпечення вогнезахисту металевих конструкцій є: суміші для штукатурення (до R240), плити (до R300) та інтумесцентні фарби (до R180). Штукатурки можуть експлуатуватися як у закритих приміщеннях, так і на вулиці із застосуванням відповідних покривних матеріалів. У діапазоні температур від –50 °С до +50, маючи вологість повітря до 80 % без покривних матеріалів і до 100 % - з покривними. Температурний режим при нанесенні - не нижчий + 5 °С. Оштукатурювання є актуальним методом у випадку, якщо необхідним є вогнезахист конструкцій простої конфігурації (наприклад, балок або колон) та висока межа вогнестійкості (більше 60 хвилин). До основних переваг застосування таких засобів відносяться: швидкість виконання робіт (механізований спосіб); висока межа вогнестійкості; економічність (мінімальна ціна безпосередньо матеріалу); екологічність (не виділяють шкідливі речовини); можна використовувати на вулиці, а не лише у приміщеннях. З поміж недоліків: трудомісткість нанесення (механізований засіб за допомогою штукатурних станцій) та реконструкції у разі втрати покриттям декоративних властивостей, мають порівняно невисоку вібростійкість.

Для власника будівлі ефективний вогнезахист дозволяє забезпечити безпечну евакуацію людей з будівлі, збереження матеріальних ресурсів та відповідність всім вимогам діючого законодавства. Існує значна кількість алгоритмів та способів вогнезахисту будівлі, відповідно вибір коректного рішення, як правило, дозволяє мінімізувати витрати та домогтися ефективної реалізації проекту. При цьому необхідно враховувати не лише ціну матеріалів (плит, сумішей, фарб), а й вартість проведення монтажних робіт, - фінансова сторона питання, з поміж інших, є важливим критерієм під час вибору засобів.

Під час проектування пасивних вогнезахисних систем необхідно проведення комплексного аналізу наступних факторів: необхідного класу вогнестійкості металоконструкцій з урахуванням ступеня цього показника для всієї будівлі; розташування сталевих конструкцій і перекриттів у просторі; існуючих вагових обмежень; встановлених термінів проведення вогнезахисної обробки й умов виконання будівельно-монтажних робіт; екологічності використовуваного вогнезахисного засобу/покриття й передбачуваних умов експлуатації останнього; архітектурної, естетичної та стилістичної цілісності споруди, для якої проектується пасивна вогнезахисна система.

Зважаючи на вищесказане та ураховуючи широке використання в будівництві металевих конструкцій, а також необхідність мінімізації їхніх масо-габаритних показників, актуальними вважаємо проведення досліджень, спрямованих на удосконалення і розвиток технологій систем вогнезахисту металевих конструкцій.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Васильченко О.В., Квітковський Ю.В., Миргород О.В., Стельмах О.А. Будівельні конструкції та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій: навч. посіб. 2015. 485 с.
2. ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016 Проектування сталевих конструкцій. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», 2017. 147 с.
3. Новак С.В., Дріждж В.Л., Добростан О.В. Аналіз сучасних європейських методів оцінювання вогнезахисної здатності вогнезахисних матеріалів для будівельних конструкцій. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. № 1 (5). 2018. С. 74–85.
4. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять: ДСТУ 2272: 2006. [Чинний від 2007–07–01]. К.: Держспоживстандарт України, 2007. 28 с. (Національний стандарт України).
5. Поздєєв С.В., Нуянзін О.М., Сідней С.О., Новгородченко А.Ю., Борсук О.В. Дослідження нагрівання сталевих двотаврових стержнів із мінераловатним вогнезахисним облицюванням в умовах стандартного температурного режиму пожежі. *Геотехнічна механіка*. 2020. № 152. С. 116–126.
6. EN 13501-2:2016. Fire classification of construction products and building elements – Part 2: Classification using data from fire resistance tests, excluding ventilation services. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels. 2016 CEN. 79 p.

## ДОДАТКОВЕ ЗМІЦНЕННЯ ЮВЕЛІРНОГО ІНСТРУМЕНТУ ТИПУ «ШАБЕР» З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕРТЯ

*Волков О.О.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Краєвська Ж.В.<sup>1</sup>,  
Васильченко О.В.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,  
Ганніченко Т.А.<sup>3</sup>, к.пед.н., доцент,  
Михайлова Л.С.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,

<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України,

<sup>3</sup>Миколаївський національний аграрний університет,

<sup>4</sup>Брандербуський технічний університет в Котбусі, Німеччина

Продуктивність роботи ювелірного інструменту переважно залежить від його здатності зберігати впродовж достатнього часу різальні або інші експлуатаційні властивості.

Зміцнення поверхні виробів із сталей з використанням різних методів оброблення використовується вже багато десятиріч. Однак сьогодні все більшої актуальності набувають нестандартні підходи до зміцнення матеріалів з використанням деформації, тертя [1, 2] або інших видів оброблення [3, 4], особливо якщо це не потребує значних економічних витрат.

Об'єктом досліджень є спосіб додаткового термофрикційного зміцнення зразків ювелірного інструменту – шаберу, виготовленого з інструментальної вуглецевої сталі марки У8А. Шабер – це металорізальний інструмент. Він має вигляд стрижня з ріжучими кромками на кінці, які забезпечують процес зняття тонкого шару металу з поверхні (шабрування). Ріжучі частини шабера можуть бути тригранними, чотиригранними, плоскими або фасонними, а за своєю конструкцією – цільними і зі вставними ріжучими пластинами. Даний інструмент експлуатується в стані після загартування при температурі 800 °С з охолодженням у воді та низькотемпературного відпускання при температурі 180 °С. Інтенсивність його зношування свідчить про недостатній рівень твердості та зносостійкості у зв'язку з чим запропоновано додаткове його зміцнення з використанням термофрикційного оброблення.

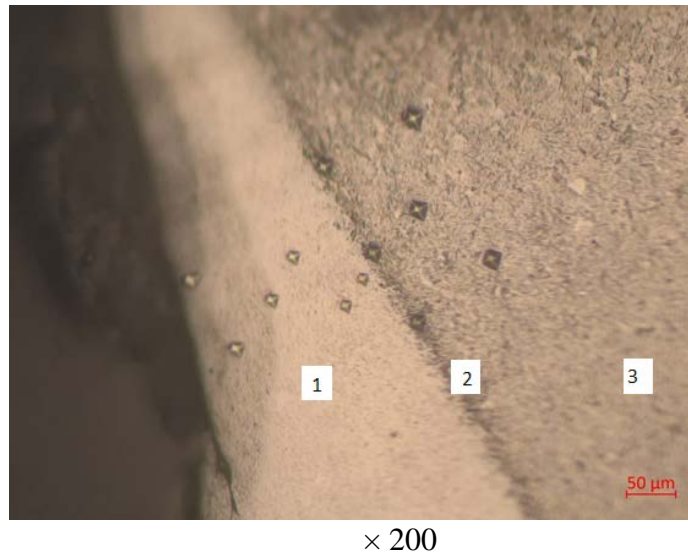
ТФЗ проводилося на плоско-шліфувальному верстаті. Зразки фіксувалися на магнітній плиті плоско-шліфувального верстата за допомогою спеціального пристроя для забезпечення можливості оброблення зміцнювальним диском у горизонтальній площині.

У процесі роботи проведений комплекс досліджень зразків, які були зміцнені додатково за допомогою тертя. Оброблення проводилось тільки по одній поверхні тригранної робочої частини зразків-шаберів задля порівняння властивостей, які отримані за один прохід ТФЗ з частиною інструменту, яка зміцнена тільки термічним шляхом. Мікроструктура перерізу експериментального зразка для даних досліджень представлена на рис. 1.

З наведених на рис. 1 фотографій мікроструктур зразку-шаберу зі сталі У8А після додаткового термофрикційного зміцнення, видно, що в перерізі зразка з'являються дві додаткові зони. Таким чином переріз зразка включає:

1. Зону зміцнення.
2. Зону знеміцнення.
3. Основну частину зразка.





**Рис. 1. Мікроструктура після вимірювання мікротвердості в перерізі зразка-шаберу ближче до різальної кромки: 1 – зона зміцнення (білий шар); 2 – зона знеміцнення (перехідна зона); 3 – основна частина зразка (без структурних змін).**

На фотографіях перерізів структур наявні відбитки від вимірювання мікротвердості, які чітко ілюструють характер зміни мікротвердості від серцевини до поверхні. При цьому в зоні 1 формується мікроструктура деформованого мартенситу, рівень мікротвердості якої значно підвищено. В зоні 2 формується набір мікроструктур відпускнуго типу зі зниженою мікротвердістю. В зоні 3 – мікроструктура, яка викликана попереднім термічним обробленням, тобто мартенсит відпускання.

Аналіз усіх отриманих під час дослідження результатів дозволяє стверджувати, що під дією ТФЗ спостерігаються суттєві зміни. Це виявляється формуванням в поверхні виробів «білого шару», який має надвисоку мікротвердість. При цьому властивості даного шару залежать від початкового стану матеріалу та умов проведення ТФЗ, як показано в проведених раніше дослідженнях [1, 2]. При цьому розглянутий режим ТФЗ дозволив отримати в поверхні зразка типу «шабер» зміцнення достатнього рівня та на достатню товщину, що може сприяти ефективному використанню інструмента.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Volkov O.A. Study of heat deformation influence in surface strain hardening of steel by thermofriction processing. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. 2016. Vol. 2. № 5 (80). P. 38–44.
2. Volkov O., Knyazev S., Vasilchenko A., Doronin E. Alternative Strengthening of Jewelry Tools Using Chemical-Thermal and Local Surface Treatments. *Materials Science Forum*. 1038 (2021). P. 68–76.
3. Xu Y.H., Peng J.H., Fang L. Nano-crystallization of steel wire and its wear behavior. *Materials Science and Engineering: A*. 2008. Vol. 483–484. P. 688–691.
4. Zhou L., Liu G., Han Z., Lu K. Grain size effect on wear resistance of a nanostructured AISI52100 steel. *Scripta materialia*. 2008. Vol. 58. Iss. 6. P. 445–448.

## МАЛІ МОДУЛЬНІ РЕАКТОРИ ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ВИКОРИСТАННЯ ВВЕР НА АТОМНИХ СТАНЦІЯХ УКРАЇНИ

*Гапон Ю.К.<sup>1</sup>, к.т.н.,  
Кустов М.В.<sup>1</sup>, д.т.н., доцент,  
Чиркіна М.А.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Романова О.О.<sup>2</sup>, к.т.н.*

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,

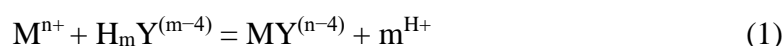
<sup>2</sup>Національний університет харчових технологій

За встановленою потужністю атомних електростанцій Україна посідає сьоме місце у світі. Сьогодні чотири атомні станції – Рівненська, Південно-Українська, Запорізька та Хмельницька – виробляють понад половину всієї електроенергії в країні

Компанія «Енергоатом» є оператором усіх чотирьох діючих АЕС України. Експлуатує 15 енергоблоків (13 із них із реакторами ВВЕР-1000), оснащених водо-водяними енергетичними реакторами загальною встановленою електричною потужністю 13,835 ГВт. 30 січня 2022 року Енергоатом вперше в історії України запустив у роботу всі 15 енергоблоків АЕС, продовживши строк експлуатації в середньому на 10–15 років.

Сьогодні на АЕС України ситуація щодо поводження як з рідкими, так і з твердими радіоактивними відходами характеризується відсутністю завершеного технологічного циклу: від переробки до отримання кінцевого продукту, придатного для подальшого довготривалого зберігання й захоронення. Тому доволі актуальною є розробка і впровадження нових технологій поводження з рідкими радіоактивними відходами як на діючих АЕС, так і під час зняття з експлуатації та введення в експлуатацію нових блоків.

До складу рідких радіоактивних відходів вітчизняних АЕС входять органічні комплексні сполуки радіонуклідів, переважно з етилендіамінтетраацетат- і оксалат-іонами, і поверхнево-активні речовини (ПАР). ЕДТА – карбонова кислота, яка досить швидко реагує з катіонами практично всіх металів з утворенням стійких хелатних комплексів, в яких центральний атом металу включений в один або більше циклів з молекулою ліганду. В утворених комплексах катіони металу заміщують водневі катіони двох або більше карбоксильних груп, що призводить до зниження значення рН розчину. Реакцію комплексоутворення (без урахування факту знаходження металу в розчині переважно у формі аквакомплексів) можна описати схематичним рівнянням:



де  $n$  – заряд катіона,  $m$  – число Н-іонів у молекулі комплексону, як правило, – 2 (для Трилону-Б -  $Na_2H_2Y$ )

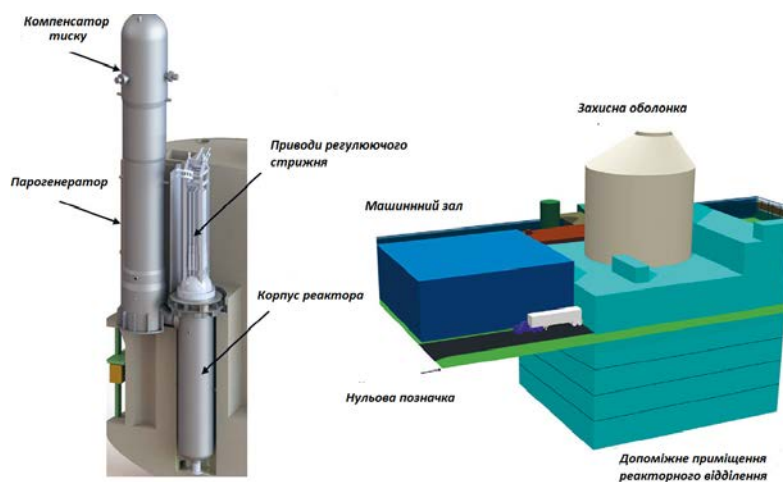
Дослідження стійкості хелатних сполук, до складу яких входять кілька катіонів зі ступенем окиснення, показали, що катіони металів утворюють ряд стійкості (ряд Ірвінга –Вільямса)  $Pd > Cu > Ni > Pb > > Co > Zn > Cd > Fe > Mn > Mg$  на основі розрахованих відносних констант стійкості  $K = [MeEDTA] / [Me][EDTA]$  (таблиця 1).

**Табл. 1. Константи стійкості комплексів ЕДТА з катіонами металів [15]**

Катіон	Константа стійкості	Катіон	Константа стійкості	Катіон	Константа стійкості
Na <sup>+</sup>	1,7	Mn <sup>2+</sup>	13,4	Cu <sup>2+</sup>	18,3
Ba <sup>2+</sup>	2,07	Fe <sup>2+</sup>	13,4	Ni <sup>2+</sup>	18,4
Mg <sup>2+</sup>	8,7	Co <sup>2+</sup>	16,1	Pb <sup>2+</sup>	18,04
Ca <sup>2+</sup>	10,6	Zn <sup>2+</sup>	16,1	Fe <sup>3+</sup>	25,01

Таким чином, наявність органічних сполук у рідких радіоактивних відходів зумовлює необхідність передбачати в технологічних схемах водоочищення їхню деструкцію і видалення на перших стадіях переробки, що забезпечить виключення їхнього негативного впливу на подальші процеси знешкодження рідких радіоактивних відходів.

Якщо Україна не планує відмовлятися від атомної енергетики, з часом на заміну старим станціям можуть прийти реактори нового типу, наприклад, малі модульні реактори SMR-160 (рис. 1.) [3]. Сьогодні варіанти такої конструкції розробляють компанії з усього світу, а на кількох пілотних проєктах – наприклад, в Китаї та Аргентині – вже почали будівництво.



**Рис. 1. Проєкт реактора SMR-160.**

У серпні 2021 року було підписано меморандум про взаєморозуміння між «Енергоатомом» та американською компанією Westinghouse про будівництво в Україні п'яти атомних енергоблоків; документ передбачає залучення технологій американської компанії на будівництво ядерного реактора проєкту AP1000 з електричної потужністю близько 1,1 ГВт.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Hapon Y., Kustov M., Kalugin V., Savchenko O. Studying the effect of fuel elements structural materials corrosion on their operating life. *Problems of Emergency Situations: Materials and Technologies. Forum. Materials Science*. 2021. Vol. 1038. P. 108–115.
2. Шабалін Б.Г., Лавриненко О.М. Деструкція органічних речовин радіоактивно забруднених вод АЕС із реакторами ВВЕР : аналітичний огляд . *Ядерна енергетика та довкілля*. 2020. Т.18. № 3. С. 65–78.
3. Kessides I.N., Kuznetsov V. Small modular reactors for enhancing energy security in developing countries. *Sustainable Nuclear Energy*. 2012. Vol. 8. № 4. P. 1806–1832.

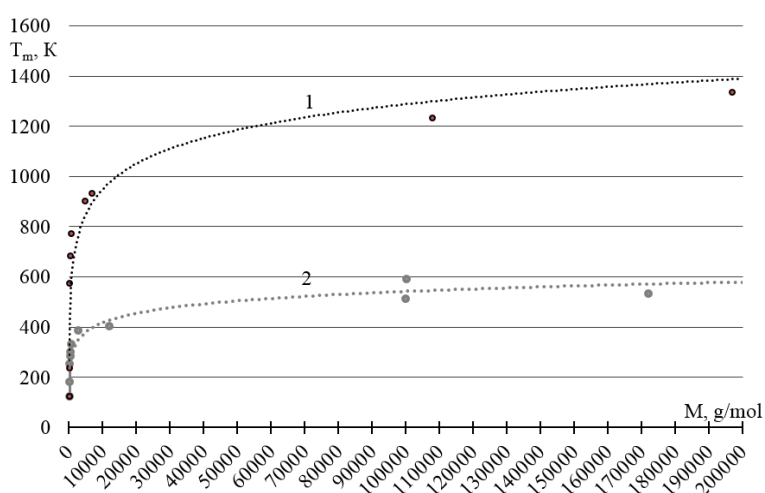
**КЕРУВАННЯ КЛАСТЕРНОЮ БУДОВОЮ МЕТАЛЕВИХ ПОКРИТТІВ ШЛЯХОМ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО СПІВОСАДЖЕННЯ МЕТАЛІВ**

*Гапон Ю.К., к.т.н.,  
Трегубов Д.Г., к.т.н., доцент,  
Слепужніков Є.Д., к.т.н.,  
Липовий В.О., к.т.н.*

*Національний університет цивільного захисту України*

Розвиток науки й техніки, модернізація обладнання хімічної промисловості, машино- та приладобудуванні висуває низку вимог щодо фізико-механічних властивостей конструкційних матеріалів, що часто забезпечується шляхом формування покриттів. Одними з головних критеріїв при створенні новітніх функціональних матеріалів є екологічність та ресурсозбереження технологічних процесів [1]. Властивості та подальше цільове застосування синтезованих гальванохімічних покриттів безсумнівно залежать від типу речовини та її будови. При формуванні властивостей покриттів необхідно зауважити, що метали схильні до утворення кластерів. Тому вирішення питання про формування властивостей сплаву напряду залежить від оптимальної кластерної будови для формування цільових властивостей. Електрохімічне осадження є зручним шляхом цільового формування структури та складу кластеру.

Стосовно властивостей кластерів відомо, що температура плавлення димерів металів становить 20–30 К та зростає зі зростанням базових кластерів речовини. Кластер отримує властивості цільного металу, якщо кількість атомів у кластері досягає певного числа, наприклад – 1000 для золота, але це виконується не завжди. Ймовірно існують окремі залежності для різних типів макромолекул. Якщо передбачити зв'язок молекулярної маси кластеру з температурою плавлення речовини, то можна отримати відповідні залежності у першому наближенні (спираючись: для металів на температури плавлення кластерів  $\text{Au}_4$ – $\text{Au}_{1000}$ ,  $\text{Ag}_{1000}$ , для органічних сполук – на ряд алканів та температури плавлення деяких полімерів). Рис. 1 показує, що залежності зростання температур плавлення металів та вуглеводнів різні, що свідчить про різну будову кластерів.



**Рис. 1.** Характер зміни температур плавлення металів (1) та вуглеводнів (2) в залежності від еквівалентної молекулярної маси кластеру.

Для вуглеводнів це, як правило, лінійні структури за принципом димерів (помічено, що лінійна будова карбонового ланцюга схожа на лінійний металевий кластер стабі-

лізований лігандами), для металів – об’ємні структури, за принципом кристалічних ґраток [2]. Отримане зростання температур плавлення можна описати логарифмічними залежностями: для металів –  $T_m=147,62\ln(M)+267,78$ , для вуглеводнів –  $T_m=54,356\ln(M)+166,28$ .

Покриття сплавами Co–Mo–W наносили на сталеві підкладки з комплексних полілігандних електролітів варіюванням технологічних параметрів. Проведено серію досліджень щодо формування електрохімічних покриттів різного складу з підвищеними фізико-хімічними властивостями [3]. Зазвичай кластер речовини формується за принципом більш щільної упаковки атомів, а також енергетичної вигоди. Цьому принципу задовольняє ікосаедр з центральним атомом.

Однією з важливих фізико-хімічних характеристик є мікротвердість. Мікротвердість за Вікерсом повинна більш точно відображати властивості кластерів, з яких побудована речовина. Так для Co, Mo, W параметр  $H_v$  (МН/м<sup>2</sup>) становить 130, 150 та 350 відповідно, а для сплавів Co–Mo–W мікротвердість змінюється від 280 до 1150. Найбільшу міцність сплаву отримано для співвідношення металів у сплаві Co – 60 %, Mo – 22,1 %, W – 17,9 %, що дозволило сформуванню щільний кластер у формі ікосаедру з атомом W у центрі. Можна зв’язати мікротвердість покриття з молекулярною масою кластера, див. рис. 2. Наведені дані показують, що міцність кластерів збільшується зі зменшенням їх молекулярної маси.

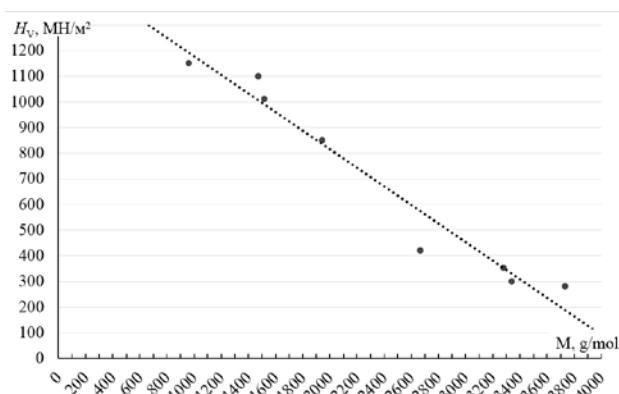


Рис. 2. Характер зміни мікротвердості потрійного сплаву Co–Mo–W від еквівалентної молекулярної маси кластера.

Дана залежність описується рівнянням:  $H_v = -0,3619M + 1539,4$ . В отриманих складах W має найменший вміст, а значить є базовим атомом для утворення даної кластерної будови. Стосовно Co необхідно зауважити, що він здатний до утворення більш рівномірної кластерної будови, оскільки за співвідношенням між атомними відстанями між базисними площинами та у площинах призми ГЦґ-ґраток він має  $c/a \approx 1,633$  – тобто співвідношення близьке до ідеального (тому за підвищених температур він здатний до поліморфного перетворення ГЦґ–ГЦґ).

## ЛІТЕРАТУРА

1. Sakhnenko M.D., Ved M.V., Ermolenko I.Yu., Hapon Yu.K. Design, synthesis, and diagnostics of functional galvanic coatings made of multicomponent alloys. *Materials science*. 2017. Vol. 5. № 52. P. 680–688.
2. Hapon Y., Chyrkina M., Tregubov D., Romanova O. Co-Mo-W galvanochemical alloy application as cathode material in the industrial wastewater treatment processes. *Materials Science Forum*. 2021. Vol. 1038. P. 251–257.
3. Трегубов Д.Г., Тарахно О.В., Соколов Д.Л., Трегубова Ф.Д. Ідентифікація кластерної будови вуглеводнів за температурами плавлення. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2021. Vol. 34. С. 94–109.



## ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ ВОГНЕГАСНОГО РОЗЧИНУ НА ОСНОВІ ВОДОПОГЛИНАЮЧОГО ПОЛІМЕРУ ЕСОFLOC-07 ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ В ЕКОСИСТЕМАХ

*Кодрик А.І., к.т.н.,*  
*Тітенко О.М., к.т.н.,*  
*Борисов А.В., к.н.держ.упр.,*  
*Жартівський С.В., д.т.н., с.н.с.,*  
*Мороз О.М.*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

У роботі проаналізовано сучасний стан щодо наявності та тенденцій розроблення у світовій та вітчизняній практиці ефективних водних вогнегасних речовин та технологій їх застосування з використанням новітніх матеріалів. Окреслено можливі шляхи удосконалення рецептур та підвищення ефективності застосування вогнегасних речовин з урахуванням, насамперед, критеріїв ефективності, економічності та екологічності. Зазначено, що головний напрямок підвищення вогнегасної здатності води є створення комбінованих вогнегасних розчинів, які можуть поєднувати в одній технологічній операції гасіння одразу декілька способів гасіння: охолодження, ізоляцію і інгібування, що за інших рівних умов призводить до підвищення коефіцієнту активного використання води та ефективності гасіння за рахунок зниження поверхневого натягу вогнегасного розчину, підвищення змочувальної здатності та в'язкості води шляхом введення відповідних добавок, отримання оптимальної дисперсності краплин[1].

Підвищення ефективності водних вогнегасних розчинів можливо за рахунок застосування комбінованих вогнегасних речовин з використанням нового покоління гелеутворюючих речовин, так званих гідрогелів [2, 3]. Нами досліджувалася можливість використання в якості гелеутворюючої добавки до водних вогнегасних розчинів вологоутримуючого полімеру Есоfloc А-07 у вигляді водорозчинних прозорих гранул, що підвищують (в'язкість) адгезію розчину та здатні до плівко утворення при попаданні на гарячу поверхню. В якості інгібуючої добавки використовували бікарбонат калію.

Досліджувалися наступні характеристики факторів дії водної вогнегасної речовини типу полімерного гідрогелю, які суттєво впливають на показники вогнегасної ефективності та їх залежність від концентрації гелеутворювача та складу домішок:

- поверхневий натяг та здатність до прилипання вогнегасних розчинів;
- кінематична та динамічна в'язкості вогнегасних розчинів;
- крапле утворення під час руху струменю у повітрі;
- захисні характеристики вогнегасних розчинів від дії полум'я при превентивному застосуванні;
- вогнегасну здатність водних вогнегасних розчинів при гасінні модельних вогнищ.

Експериментально доведено, що в порівнянні з водою запропоновані вогнегасні розчини мають ряд переваг, які полягають в суттєвому збільшенні їх стійкості та адгезивних властивостей, підвищену вогнезахисну дію за рахунок утворення при подаванні на полум'я пористого шару або плівки, що ускладнює займання та захищає горючий матеріал за рахунок своєї низької теплопровідності та ізолюванню від доступу кисню повітря, що важливо при гасінні поверхневих пожеж класу А. Встановлена його можливість багаторазово виділяти та адсорбувати водні розчини. Рівень використання води високий, невеличкі резервуари утворені агентом утримують розчин, мають адгезійні властивості до поверхонь контакту.

На основі представлених експериментів та теоретичних досліджень було знайдено, що кількість випаруваної вогнегасної  $k_{evap\_dyn}$  на основі гідрогелю за час доставки її до осередку пожежі може зменшуватись від 2,664 до 3,043 разів у порівнянні зі звичай-

ною водою. Для опису гідродинамічних процесів, що мають місце при функціонуванні вогнегасника в режимі безперервної подачі випробуваної рідини до повного спрацювання, запропонована математична модель, що складається з двох блоків систем рівнянь, які вирішуються чисельними методами. Важливим висновком проведених досліджень є встановлений факт різкого зниження в'язкості гідрогелю (близько до звичайної води) при збільшенні швидкостей подачі водної вогнегасної речовини існуючими засобами пожежної техніки, що створює зручні умови для проектування спеціальної пожежної техніки з використанням вогнегасних речовин з використанням гелеутворюючих сполук.

Важливою характеристикою вогнегасної речовини, при наявності значних відстаней її доставки від пожежного ствола до осередку пожежі, наприклад при застосуванні авіації, є випаровуваність вогнегасної речовини під час її руху у повітрі. Проведені непрямі експериментальні дослідження, що мали на меті одержати кількісну оцінку зниження випаровуваності вогнегасних речовин на основі гідрогелю. Встановлено, що величина поверхневого натягу у першому наближенні залежить тільки від вмісту ПАВ та його критичної величини, що наближено дорівнює 0,1 %, і практично не залежно від вмісту інших компонентів. Величина відносної здатності до прилипання гідрогелю на основі полімерного гелеутворювача може досягати значних величин, від 7 до 8 разів у порівнянні з водою. При додаванні до складу від 1 до 5 % піноутворювача здатність до прилипання знижується до показника відносної (відносно води) здатності від 3 до 4 разів. Висока відносна здатність до прилипання вогнегасної речовини на основі гідрогелю значно збільшує величину адгезійного та охолоджуючого шару поверхні у порівнянні з водою. Захисний шар гідрогелю містить велику кількість води, що прилипає до стінок, що може надійно захистити поверхню від нагріву. Додавання до розчину солей та поверхнево-активних речовин підвищують вогнегасну ефективність розчину за рахунок додавання інгібуючих та ізоляційних властивостей.

Проведені експериментальні дослідження при гасінні модельних вогнищ класу А запропонованими розчинами з використання в якості гелеутворюючої речовини вологотримуючого полімеру Ecoloc A-07 підтвердили ефективність їх застосування.

По результатам роботи в якості нової вогнегасної речовини запропонований водний розчин на основі полімерного гелеутворювача ECOFLOC A - 07 з додаванням поверхнево-активних речовин. Використання розчину гідрогелю у концентрації до 0,3 % у 2...3,5 рази підвищує коефіцієнт використання води в порівнянні з застосуванням самої води. Додавання до розчину у малій концентрації  $K_2CO_3$  (поташу) призводить не тільки до збільшення коефіцієнту використання води до 5,4 разів, але дає можливість поєднати ефективне охолодження осередку пожежі, за рахунок збільшення ефективності використання води, з інгібуючим ефектом використання поташу.

Зазначено ефективність використання гідрогелів по їх витраті і по товщині гідрогелевих плівок різної в'язкості в порівнянні з водою. Змінюючи концентрацію гелеутворюючої добавки, можна варіювати в'язкість і випаровуваність гідрогелю, що важливо при можливому його використанні в якості вогнегасної речовини при гасінні пожеж з використанням авіації. Чим більше в'язкість гідрогелю тим товща гідрогелева плівка і менше його витрата.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Жартовський С.В. Виявлення впливу хімічного складу водних вогнегасних речовин на основі  $Na_2SiO_3$  та  $K_2CO_3$  на їх вогнегасну ефективність під час гасіння вогнищ класу А. Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій: Міжнародна науково-практична конференція, Черкаси, 8–11 вересня 2016. С. 46–49.
2. Гидрогель «Гидропласт» для пожаротушения [Електронний ресурс]. URL: <https://www.bio.tampomechanika.ru/catalog-bio/tech/hydrogel-for-fire-fighting/> – Назва з екрану.
3. Халяпов Р. Гидрогель для пожаротушения ГП-1 на основе сополимера акриловой кислоты и стирола [Електронний ресурс]. URL: [https://issuu.com/antonberezovskiy/docs/2011\\_12\\_31\\_halyapov/](https://issuu.com/antonberezovskiy/docs/2011_12_31_halyapov/) – Назва з екрану.

**КАТАЛІТИЧНА АКТИВНІСТЬ ВОЛОКНИСТИХ КОМПЛЕКСИТІВ В РЕАКЦІЯХ РОЗКЛАДАННЯ ТА ОКИСЛЕННЯ СПОЛУК***Коровникова Н.І., к.х.н., доцент,**Олійник В.В., к.т.н., доцент**Національний університет цивільного захисту України*

Екологічна ситуація в світі вимагає вирішення природоохоронних завдань, пов'язаних з процесами, очищення стічних вод, забрудненості сірководнем різних промислових об'єктів з метою видалення таких шкідливих домішок. Неприємний запах, який з'являється на промислових і прилеглих територіях переробки відходів, є постійною турботою про охорону навколишнього середовища і, особливо, про якість життя. Для вирішення цих завдань доцільно застосування селективних сорбентів – комплекситів. Внаслідок близьких комплексоутворюючих властивостей волокон з комплекситами гранульного типу, їх можна розглядати як якісно нову модифікацію. Завдяки особливостям морфології полімерних ланцюгів в зіставленні з гранульними об'єктами волокнисті комплексити мають ряд переваг. Перш за все, це велика швидкість процесів з їх участю, доступність реакційних груп у полімерних ланцюгах, досить високі сорбційні характеристики.

Експлуатаційні характеристики матеріалів на основі високомолекулярних комплексних сполук (ВМКС) визначаються типом введеного в макромолекули іона металу, природою макромолекулярного ланцюга і термодинамічної стійкістю ВМКС. Варіюючи вплив цих факторів, можна цілеспрямовано синтезувати ВМКС для отримання на їх основі високоселективних каталізаторів процесів окислення.

Сучасні дослідження свідчать про актуальність розробки методів, способів селективного видалення небезпечного сірководню та сульфідів.

Забруднення навколишнього середовища є серйозною проблемою, фактичні методи відновлення є обмеженими. З урахуванням вищевказаних досліджень та факторів, зручною і ефективною матрицею ВМКС, що застосовуються в якості каталізаторів, можуть бути волокнисті структури – волокна природного і синтетичного походження. Такі дані в літературі дуже обмежені.

В даній роботі досліджено каталітичну активність ВМКС  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  з комплексоутворюючими волокнами ЦГ і НАГ, що містять карбоксильні (НАГ), амідоксимні, гідроксамові групи, на прикладі реакцій розкладання пероксиду водню і окислення сполук сірки ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ ).

Наважки НМКС і солей металів підбирали з таким розрахунком, щоб кількість іонів металу в них відповідало змісту їх в ВМКС. Паралельно для порівняння проводили «холосте дослідження» (за відсутності каталізатора). Швидкість процесу контролювали волюмометричним методом, концентрацію  $\text{H}_2\text{O}_2$  - методом перманганатометрії. Кінетичні криві  $V_{\text{O}_2} - \tau$  ( $V$  – обсяг виділився кисню в мл,  $\tau$  – час процесу в хв) досліджували при: постійної навішуванні каталізатора (0,1 г), змінюючи початкову концентрацію  $\text{H}_2\text{O}_2$  (0,06–0,3 моль/л); постійної концентрації  $\text{H}_2\text{O}_2$  (0,3 моль/л) і різних наважках каталізатора (0,01–0,1 г); постійних концентрації  $\text{H}_2\text{O}_2$  (0,3 моль/л), навішування каталізатора (0,1 г) і різних значеннях рН (від 5,5 до 12,5), створюваних добавками розчину NaOH (з концентрацією 0,5 моль/л). Розбіжності між результатами 2–3 паралельних дослідів не перевищували 3–4 %.

За лінійним ділянкам кінетичних кривих визначали швидкість процесу, а з залежності швидкості розкладання від концентрації  $\text{H}_2\text{O}_2$  (в логарифмічних координатах), навішування каталізатора і рН середовища знаходили порядок реакції по  $\text{H}_2\text{O}_2$ , каталізато-

ру і концентрації протонів в системі. Такі ж самі дослідження проводили для окислення сполук  $H_2S$ ,  $Na_2S$ . З попередньої метою підбору концентрацій в процесі окислення ми провели кінетичні дослідження розкладання  $H_2O_2$  в присутності ВМКС. А лише потім були проведені модельні експерименти очищення газових сумішей від сірководню.

Кінетичні криві газовиділення свідчать, що швидкість ( $W$ ) реакції розкладання в присутності ВМКС і НМКС зростає зі збільшенням концентрації  $H_2O_2$ , навішування каталізатору, а порядок реакції по пероксиду і каталізатору дорівнює одиниці. Зі збільшенням рН швидкість зростає, досягаючи максимальної величини при рН = 8.5, потім падає і знову зростає від рН 9.5 до 12.5.

Солі металів каталізують реакцію розкладання слабкіше відповідних низькомолекулярних комплексних сполук (НМКС). Встановлені експериментальні факти дозволяють припустити, що каталітичний ефект в системах ВМКС -  $H_2O_2$  досягається за рахунок утворення іонами металів координаційних з'єднань в фазі комплекситів. Складний характер залежностей швидкості реакції від рН можна пояснити з урахуванням розподілу  $Cu^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$  не тільки по комплексним формам типу М - L (де М - іон металу, L - функціональна група комплекситу), але і за формами змішаних гідроксо-, пероксомономерних і димеризованих комплексів. Для доказу цього ми отримали ІЧ-спектри комплекситу та всіх ВМКС, які за зовнішнім виглядом нагадують один одного, проте є помітна різниця в певних частотах вібрацій.

Відповідно до наших досліджень, швидкість процесу розкладання  $H_2O_2$  зростає в ряду  $Ni < Co < Cu$ . Спостерігаються невеликі відмінності в активності однакових ВМКС з комплекситами ЦГ і НАГ. Це може бути пов'язано з присутністю в матриці НАГ більш широкого асортименту функціональних груп, що беруть участь в каталітичному процесі, а також з відмінностями в сольватаційних характеристиках комплекситів. Істотне зниження активності ВМКС кобальту (рН 12,2) обумовлено, ймовірно, зміною окислювально - відновного потенціалу цих комплексів.

Таким чином, проведені експериментальні дослідження свідчать, що каталітична активність ВМКС в реакції розкладання  $H_2O_2$  залежить від рН, перевершує активність модельних низькомолекулярних комплексних з'єднань і зростає зі збільшенням констант стійкості полімерних комплексів.

Введення іонів металів у комплексні волокна за рахунок утворення координованого зв'язку між групами металу та полімерного ліганду дає високомолекулярні комплексні сполуки. Експлуатаційні та вибіркові властивості матеріалів на основі ВМКС можна визначити за типом іона металу, що вводиться в макромолекули, характером полімерного ланцюга та термодинамічною стабільністю. Змінюючи дію вищезгаданих факторів, ВМКС можна синтезувати для використання як високоселективних каталізаторів для різних хімічних процесів.

Даний фактичний експериментальний матеріал і інтенсифікація досліджень в напрямку детального вивчення факторів, що визначають структуру і властивості ВМКС на основі волокон, допоможуть зрозуміти природу дії каталізаторів, встановивши роль металу і полімеру. Це може істотно розширити діапазон дії каталізаторів і прогнозувати процеси, в яких вони будуть каталітично активні.

## ВПЛИВ СОРБЦІЇ ГАЗІВ НА ЇХ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ В АТМОСФЕРІ

*Кустов М.В., д.т.н., доцент,  
Мельниченко А.С.*

*Національний університет цивільного захисту України*

Моделювання процесів сорбції викликає ряд проблем, які пов'язані із великою кількістю факторів, що впливають на процес масообміну. До основних факторів відносяться умови протікання процесу, хімічні властивості газу, фізико-хімічні та поверхневі властивості дисперсного потоку. Додатковим ускладненням є протікання процесу не у стаціонарних умовах. Наприклад потік газу у технологічному апараті або потік газу у повітрі під дією вітру [1]. При моделювання масштабних процесів викиду небезпечних газів в атмосферу із зоною забруднення десятки метрів врахування впливу вітру та дифузійного розповсюдження газів є обов'язковим [2]. Нехтування цими факторами призводить до різкого спаду точності прогнозування, що є недопустимим в умовах аварії, коли від цього залежить життя та здоров'я великої кількості людей [3].

Метою цієї роботи є розробка моделі сукупного процесу сорбції газу дисперсними потоками при його розповсюдженні в атмосфері за умов технологічного процесу або надзвичайної ситуації.

В запропонованому підході для розв'язання диференціального рівняння розповсюдження і осадження небезпечної хімічної речовини використовується метод скінчених різниць. Завдяки своїй універсальності він може бути застосований для довільної конфігурації зони осадження. При цьому складність та час розрахунків не змінюються. Ще однією перевагою є розгляд процесу дифузії у всьому об'ємі замість розбиття на окремі зони і введення крайових умов на їх межах.

Будемо вважати, що напрямок вітру співпадає з напрямком вісі ОХ. Тоді рівняння дифузії набуде вигляду

$$\frac{\partial q}{\partial \tau} = a \left( \frac{\partial^2 q}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 q}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 q}{\partial z^2} \right) - v_x \frac{\partial q}{\partial x} + E \delta(x) \delta(y) \delta(z) - \beta q(x, y, z, \tau), \quad (1)$$

де  $\delta(x)$ ,  $\delta(y)$ ,  $\delta(z)$  –  $\delta$ -функції;  $E$  – інтенсивність викиду, кг/с;  $q(x, y, z, t)$  – концентрація газу в повітрі, кг/м<sup>3</sup>;  $D$  – коефіцієнти дифузії в горизонтальному і вертикальному напрямках;  $v_x$  – горизонтальна складова вектору, що визначає напрямок і швидкість вітру, м/с;  $\beta$  – інтенсивність процесу сорбції, с<sup>-1</sup>

Приріст (за часом) концентрації у внутрішній точці  $(x_i, y_j, z_k)$  області описується виразом

$$\Delta_\tau q = a \frac{\Delta \tau}{h^2} (\Delta_{xx} q + \Delta_{yy} q + \Delta_{zz} q) - v_x \frac{\Delta \tau}{h} \Delta_x q - \beta(x, y, z) q \Delta \tau, \quad (2)$$

що дозволяє обчислити концентрації в точках сітки в наступний момент часу

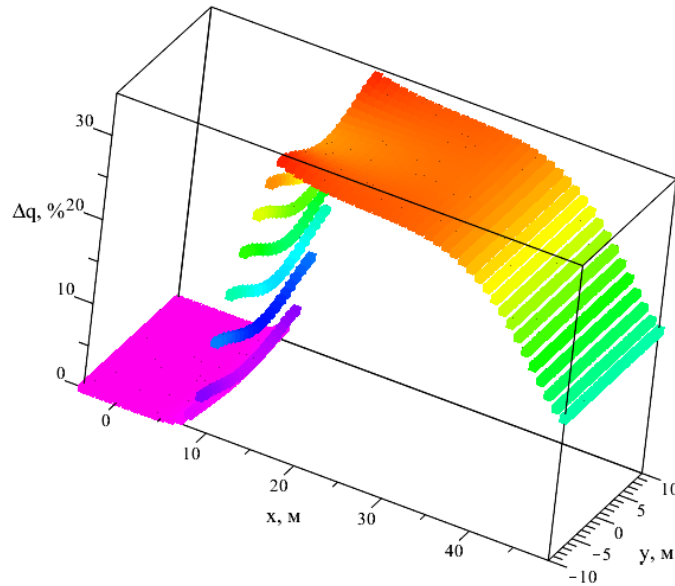
$$q(x_i, y_j, z_k, \tau + \Delta \tau) = q(x_i, y_j, z_k, \tau) + \Delta_\tau q. \quad (3)$$



Таким чином, формули (2), (3) дозволяють знайти значення концентрацій хімічної речовини у вузлах сітки у довільний момент часу  $\tau$ .

Розв'язання рівнянь проводилося чисельними методами. Для цього було використано математичний пакет MAPLE (Канада), версія 18. При моделюванні описувалась умова сорбції газу в атмосфері дрібнодисперсним потоком з дисперсністю 1 мм та інтенсивністю подачі рідини 2 л/с. Зона сорбції шириною 5 м знаходиться на відстані 10 м від осередку викиду газу. Процес сорбції моделюється при умові швидкості повітря 5 м/с (рис. 1).

Для оцінки ефективності процесу сорбції проведено розрахунок відношення зміни концентрації газу у відповідності до початкової концентрації (рис. 1).



**Рис. 1. Просторовий розподіл ефективності сорбції аміаку дрібнодисперсним потоком.**

Моделюється умова безперервного викиду газу із точкового джерела з постійною інтенсивністю. Розрахунки показали, що при інтенсивності потоку більше 2 л/с та інтенсивності викиду газу 0,1 кг/с концентрація небезпечного газу практично падає до 0. Рис. 1 показує, що осадження аміаку дрібнодисперсним струменем знижує концентрацію небезпечного газу на 30 %. При цьому через 10 секунд після початку подачі дрібнодисперсного потоку прохід газу крізь водяну стіну припиняється, а той газ, що вже пройшов розсіюється до безпечних концентрацій.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Pospelov B., Andronov V., Rybka E., Krainiukov O., Maksymenko N., Meleshchenko R., Bezuhla Yu., Hrachova I., Nesterenko R., Shumilova A. Mathematical model of determining a risk to the human health along with the detection of hazardous states of urban atmosphere pollution based on measuring the current concentrations of pollutants. *Eastern-European Journal of Enterprise*. 4/10. 106. 2020. P. 37–44.
2. Pospelov B., Rybka E., Meleshchenko R., Borodych P., Gornostal S. Development of the method for rapid detection of hazardous atmospheric pollution of cities with the help of recurrence measures. *Eastern-European Journal of Enterprise*. 1/10 (97). 2019. P. 29–35. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.155027>.
3. Kustov M., Slepuzhnikov E., Lipovoy V., Firdovski D.I., Buskin O. Procedure for implementation of the method of artificial deposition of radioactive substances from the atmosphere. *Nuclear and Radiation Safety*. 3(83). 2019. P. 13–25.

## ЗАСТОСУВАННЯ ІНТУМІСЦЕНТНОГО ПОКРИТТЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ КАБЕЛЬНОЇ ПРОДУКЦІЇ

*Ліхнівський Р.В.<sup>1</sup>, к.х.н.,  
Цапко Ю.В.<sup>2</sup>, д.т.н.,  
Цапко О.В.<sup>3</sup>, PhD,  
Коваленко В.В.<sup>1</sup>, к.т.н., с.н.с.,  
Онищук А.Є.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту,

<sup>2</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування,

<sup>3</sup>Український державний науково-дослідний інститут «Ресурс»

Роботу будь-якого підприємства в умовах сьогодення важко уявити без електропостачання, що здійснюється для функціонування електричного обладнання. Кабельно-провідникова продукція є проміжною ланкою між джерелом енергії і місцем її застосування у якому зосереджені, наприклад, апарати управління, електродвигуни, контрольно-вимірювальні та освітлювальні прилади тощо. Від безперебійного електропостачання залежить безпечна робота підприємства.

Також зі збільшенням застосування у побуті електрообладнання зростає споживча потужність об'єкту, що у свою чергу збільшує кількість кабельно-провідникової продукції. Оболонка та ізоляція кабелів переважно складається з горючих матеріалів, які під впливом відкритого полум'я, високої температури провідника або через коротке замикання можуть займатися та розповсюджувати полум'я. У зв'язку з проходженням кабельних ліній транзитом через усі приміщення виникає ризик займання та розповсюдження пожежі. Тому обробка кабельно-провідникової продукції вогнезахисним покриттям дозволяє:

- не розповсюджувати полум'я на великі відстані;
- зменшити швидкість горіння;
- скоротити число випарів небезпечних речовин і їх токсичність;
- зменшити температуру нагрівання безпосередньо кабелю;
- стати причиною самостійного загасання.

Тому дослідження, що спрямовані на визначення ефективності вогнезахисту кабельних ліній, що використовуються для розводки електричних мереж є актуальним.

Одним з таких перспективних напрямів є вивчення ефективності шару пінококсу, що утворюється при термічній дії на кабельні лінії покриті інтумесцентними покриттями.

Результати експериментальних досліджень щодо ефективності ізоляції електричних кабелів з нанесеним вогнезахисним покриттям.

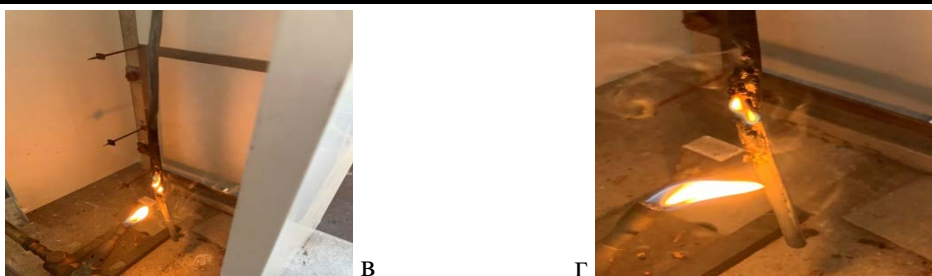
Спочатку були проведені випробування необроблених зразків кабелів. Після дії пальника на необроблені зразки, за короткий проміжок часу (1–2 хв.) відбувалося згоряння ізоляції, які досліджувались.



а



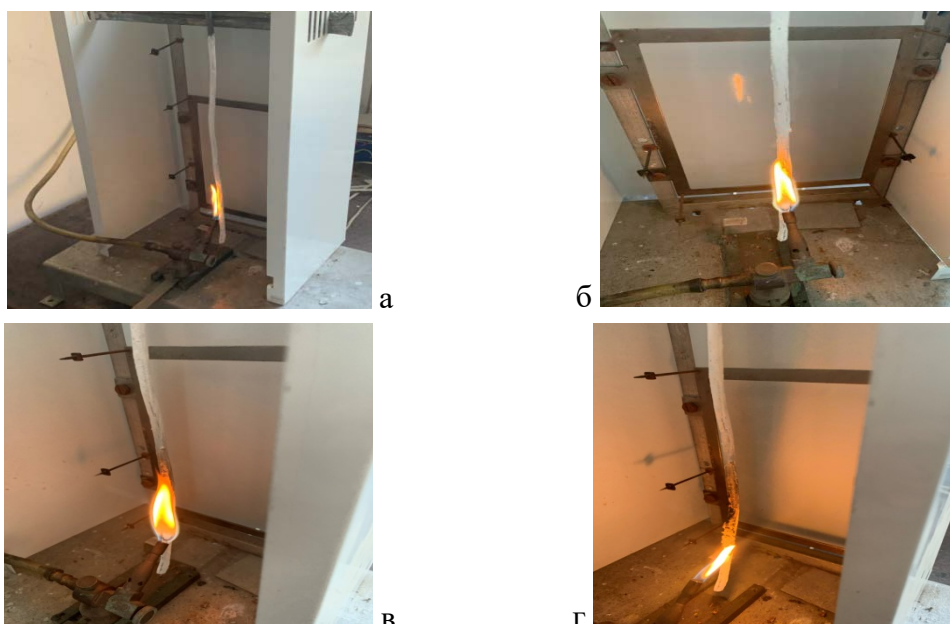
б



**Рис. 1. Результати досліджень на поширення полум'я зразка кабелю КВВГ 4×1,5 без вогнезахисного покриття: а – запалювання матеріалу, б – процес горіння, в – самостійне горіння, г – прогорання матеріалу.**

Після проведення випробування видно, що зразок кабелю без вогнезахисного покриття підтримує самостійне горіння понад 30 с, а пошкодження зразка становить понад 100 мм.

Після проведення випробування зразка з нанесеним вогнезахисним покриттям видно, що зразок кабелю не підтримує самостійне горіння, а пошкодження зразка не більше 100 мм.



**Рис. 2. Результати випробувань зразка кабелю КВВГ 4×1,5 з вогнезахисним покриттям: а – підпалювання зразка, б – горіння, в – спучення покриття, г – результат термічного впливу.**

Гальмування процесу займання та розповсюдження полум'я для такого зразка пов'язане з розкладанням антипіренів під дією температури, що відбувається з поглинанням тепла та виділенням негорючих газів (азот, діоксид вуглецю), а також зміною напрямку розкладання у бік утворення негорючих газів й важкогорючого коксового залишку. Це призводить до підвищення товщини шару коксу та гальмування теплопередачі високотемпературного полум'я до матеріалу ізоляції, що свідчить про можливість переходу горючої ізоляції кабелю з вогнезахисним покриттям до матеріалів, що відносяться до важкогорючих, які не поширюють полум'я.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на встановлення взаємозв'язку між складовими і властивостями вогнезахисних покриттів, а також їх оптимізацію.

**ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВІДПРАЦЬОВАНИХ  
БЕНТОНІТОВИХ ГЛИН***Мальований М.С.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,**Сакалова Г.В.<sup>2</sup>, д.т.н., професор,**Блажко А.В.<sup>2</sup>, к.пед.н., доцент,**Безносюк Н.С.<sup>2</sup>, к.пед.н.,**I. Bordun<sup>3</sup>, Doctor of Science**<sup>1</sup>Національний університет «Львівська політехніка»,**<sup>2</sup>Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського,**<sup>3</sup>Czestochowa University of Technology*

У технології водоочищення поряд з активованим вугіллям і синтетичними іонітами все більше значення набувають природні глинисті сорбенти, які є доступними, мають невисоку вартість та забезпечують ефективне очищення стічних вод від іонів амонію, важких металів, неполярних органічних продуктів [1, 2]. Як правило, такі сорбенти внаслідок їх невисокої вартості регенерувати не вигідно. Відпрацьовані сорбенти часто зберігають не території підприємства, або ж вивозяться на сміттєзвалища, часто несанкціоновано. Тому питання максимально повного використання сорбційної ємності сорбентів та шляхи ефективної їх утилізації залишаються актуальними. При проведенні досліджень нами запропоновано метод послідовної адсорбції, згідно якого на першій стадії відбувається поглинання фосфат-іонів, а на другій, послідовно, адсорбція іонів хрому. Для визначення ефективності проведення послідовної адсорбції, а також для прогнозування основних методів та напрямків використання відпрацьованих сорбентів потрібно мати надійні інструментальні методи дослідження структури глинистих мінералів, для чого і був застосований метод рентгенофазного дослідження.

Рентгенофазний аналіз проводили на рентгенівському дифрактометрі «ДРОН-2» в монохроматизованому Co-K $\alpha$  випромінюванні ( $\lambda=1,7902\text{Å}$ ). Ідентифікацію сполук (фаз) здійснювали шляхом порівняння міжплощинних відстаней ( $d$ , Å) і відносної інтенсивності ( $I(I)=I/I_0$ ) з експериментальною кривою за даними електронної картотеки PCPDFWIN. Результати досліджень представлені на рис. 1. Дані рентгенофазного аналізу відповідають природній бентонітовій глині Черкаського родовища II шару (зразок 1). Рентгенівські лінії досить розмиті у всіх зразках, що характерно для більшості природних глин переважно аморфного складу. В наявних дифрактограмах положення основних піків кристалоболіту SiO<sub>2</sub> можна вважати маркером, що характеризує глибокі перетворення глинистої структури [3]. У природному зразку бентоніту (зразок 1), основні піки SiO<sub>2</sub>-кварцу розміщуються при 26°, 30° і 48°. На дифрактограмах 2–4, що характеризують відпрацьовані зразки бентоніту, ми не спостерігаємо значного зміщення піків до нижчих значень дифракційних кутів, також дуже подібні і інтенсивності рентгенівських ліній.

Вміст кристалоболіту SiO<sub>2</sub> у всіх зразках коливається від 10 до 20 %. Отже, можемо стверджувати, що адсорбційні процеси відбуваються переважно на поверхні бентоніту. На дифрактограмах 2–4 видно низку піків різних модифікацій Cr<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. У зразку 2: бентоніт, насичений іонами хрому, встановлено вміст модифікацій з іонами хрому до 3 %, в перерахунку на Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Для зразка 3: бентоніт, послідовно насичений іонами хрому та фосфат-іонами, зафіксовані лише сліди Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, а у зразку 4: бентоніт, послідовно насичений фосфат-іонами та іонами хрому, вміст модифікацій з іонами хрому становить 3–4 %.

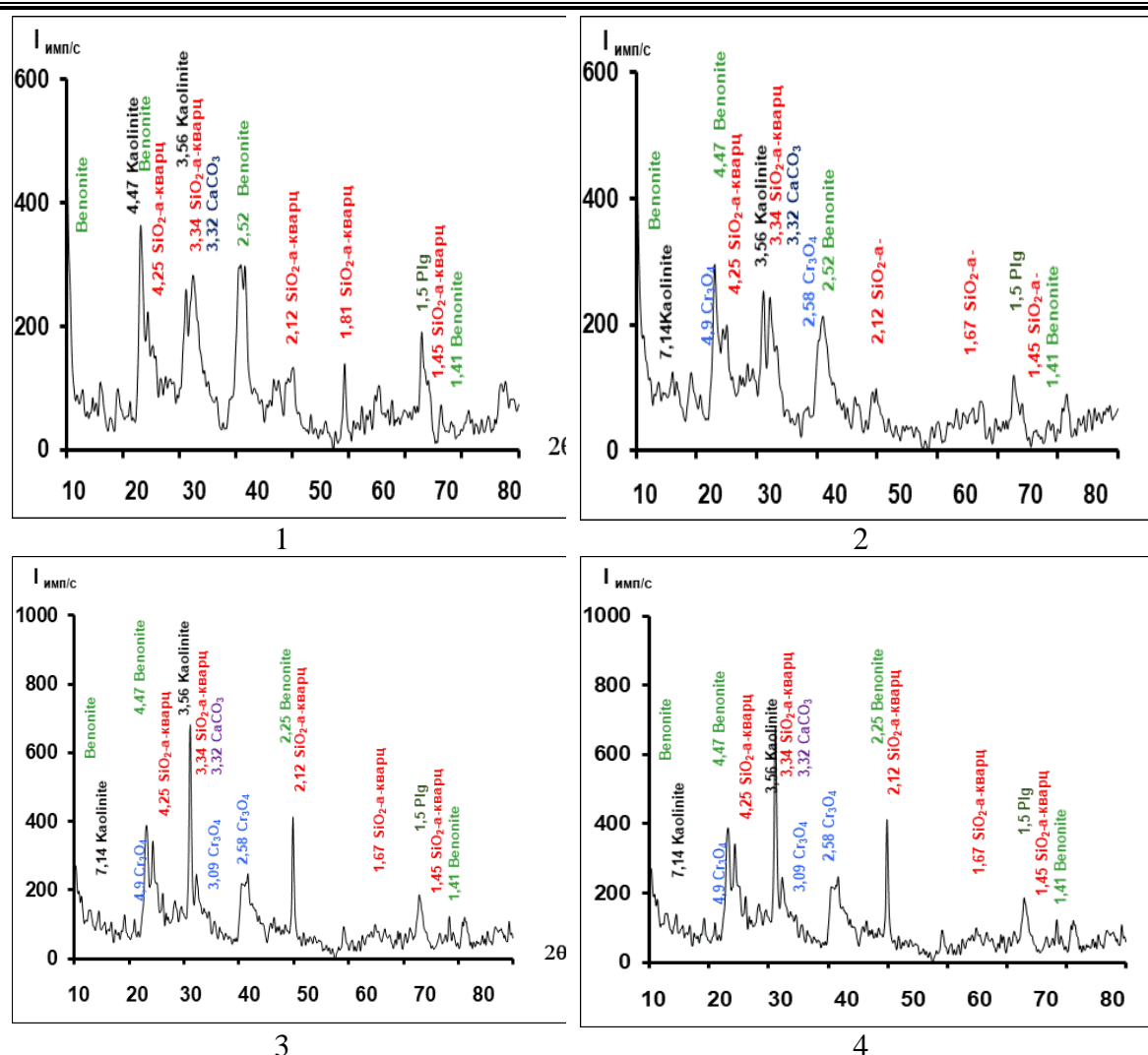


Рис. 1. Дифрактограми зразків бентоніту.

На дифрактограмах 2-4 спостерігаємо значне погіршення дифракційної картини в області 34–42°, також зниження вмісту кальциту. Найбільш подібні дифрактограми в цій області для зразків 3 і 4. Імовірно, у відпрацьованих продуктах більший вміст дисперсних та колоїдних окислів, що перешкоджає прояву відповідних рефлексів на дифрактограмах.

## ЛІТЕРАТУРА

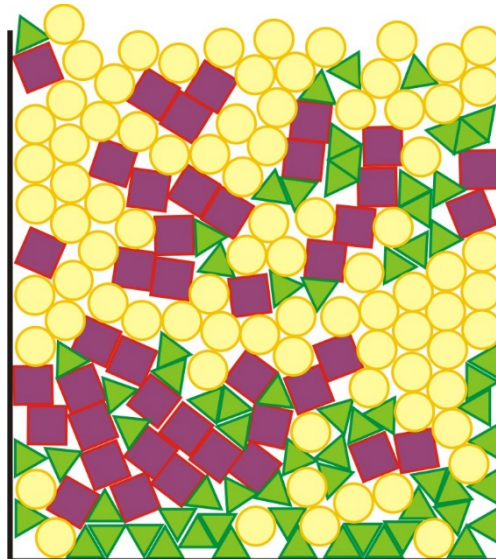
1. M. Malovanyu, O. Palamarchuk, I. Trach, H. Petruk, H. Sakalova, K. Soloviy, T. Vasylynych, I. Tymchuk, N. Vronska. Adsorption Extraction of Chromium Ions (III) with the Help of Bentonite Clays. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. 21(7). P. 178–185.
2. C. Soloviy, M. Malovanyu, O. Palamarchuk, I. Trach, H. Petruk, H. Sakalova, T. Vasylynych, N. Vronska. Adsorption method of purification of stocks from chromium (III) ions by bentonite clays *Journal of water and land development*. 2021. 48 (I–III). P. 99–104;
3. Кириченко О.В. Мінералогічний склад та термічні перетворення природних і модифікованих бентонітових глин. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2010. 20.3. С. 77–82.



**КОМП'ЮТЕРНО-ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОПУКЛИМИ  
БАГАТОГРАННИКАМИ ТА КРУГЛИМИ СФЕРАМИ***Пастернак В.В., к.т.н., доцент**Луцький національний технічний університет*

Традиційно під поняттям комп'ютерного моделювання розуміють моделювання за допомогою комп'ютерно-інформаційних технологій [1]. Сучасний період розвитку цивілізації характеризується суттєвим впливом комп'ютерних, інформаційних технологій [1], які проникають в усі сфери людської діяльності, забезпечують поширення інформаційних потоків у суспільстві [1]. Таким чином, застосування новітніх та інформаційних технологій дозволяють перейти від конкретного спостереження та констатації фактів до прогнозування різноманітних процесів та характеристик.

На рис. 1 представлено інтерфейс програми комп'ютерно-імітаційного моделювання опуклими багатогранниками та круглими сферами.



**Рис. 1.** Комп'ютерна модель опуклими багатогранниками та круглими сферами.

Слід відмітити, що у моделях упакування опуклих багатогранників, координатами можуть служити координати всіх їх вершин. При моделюванні таких заповнень, не дивлячись на уявну різноманітність форм багатогранників, можна моделювати елементи однакові і різні за формою, а також з різним числом вершин. У цьому випадку необхідно лише задатися їх максимальним числом. Умову неперетину багатогранників описали наступним чином. У кожному багатограннику утворили безліч комбінацій з трьох і більше вершин, і провели сімейство площин через них. Очевидно, що ці площини будуть або перетинати багатогранник, або його грані лежатимуть на цих площинах. Якщо провести перевірку на дотримання умови неперетину всіх граней з відрізками прямих, проведеними між будь-якими двома вершинами одного багатогранника, з усіма гранями іншого багатогранника, а потім цю ж процедуру повторити у зворотному напрямі, то можна зробити однозначний висновок про перетин цих багатогранників. На рис. 2 представлено алгоритм роботи комп'ютерної моделі, що дозволяє за допомогою послідовності обчислень і графічного відображення їх результатів відтворювати (імітувати) процеси функці-

онування різних даних або об'єктів, а також впливати на об'єкти різних, як правило, випадкових факторів.

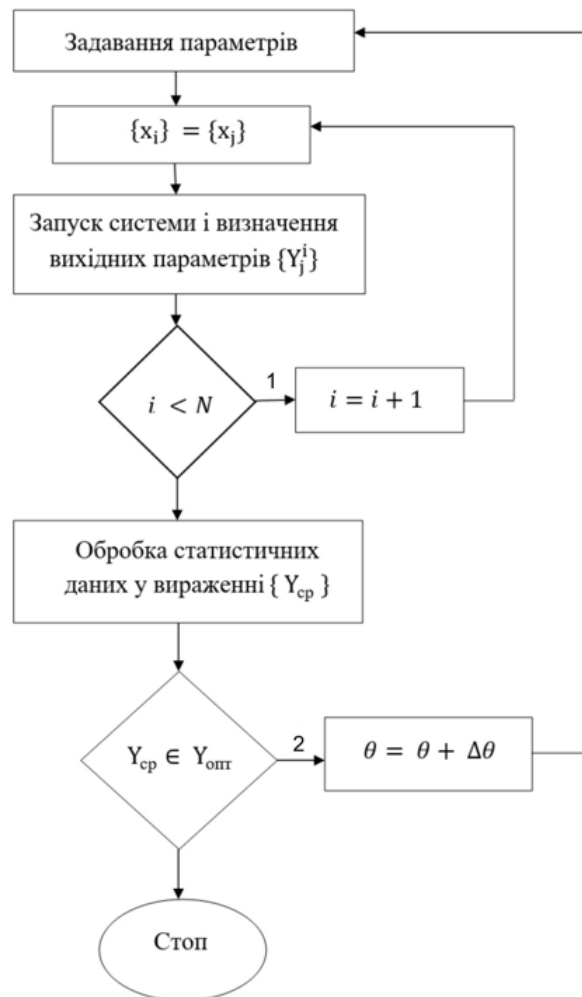


Рис. 2. Алгоритм імітаційного моделювання.

Слід відмітити, що на рисунку прийняті наступні параметри:  $x_{i,j}$  – вхідні змінні системи;  $Y_{ij}$  – вихідні змінні;  $\theta, \Delta\theta$  – параметри системи;  $i$  – номер запуску системи;  $N$  – кількість запусків системи; 1, 2 – кількість операцій системи.

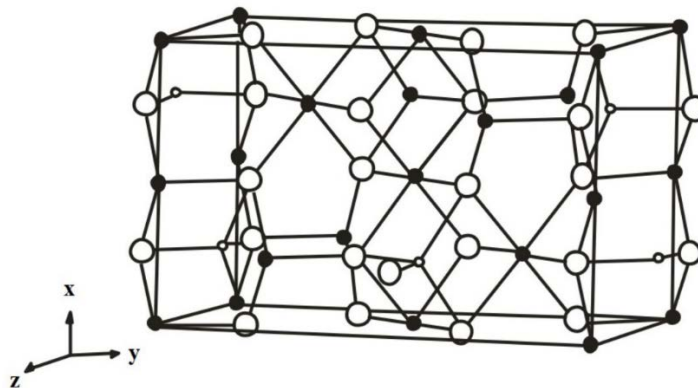
Із даного дослідження випливає, що розроблена модель, по-перше, вимагає найменшої кількості узагальнених координат для математичного опису структури (на кожен сферу потрібно по три координати центру в деякому замкнутому просторі), по-друге, володіти найкоротшими, простими і швидкодіючими алгоритмами.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Гуляев К.В., Павлыш В.Н., Зензоров В.И. Математические модели и моделирование. М.: Моделирование, 2004. 140 с.

**ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНО-НЕОДНОРІДНИХ МАТЕРІАЛІВ МЕТОДАМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА***Пастернак В.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,**Рубан А.В.<sup>2</sup>, к.н. держ.упр., доцент*<sup>1</sup>*Луцький національний технічний університет,*<sup>2</sup>*Національний університет цивільного захисту України*

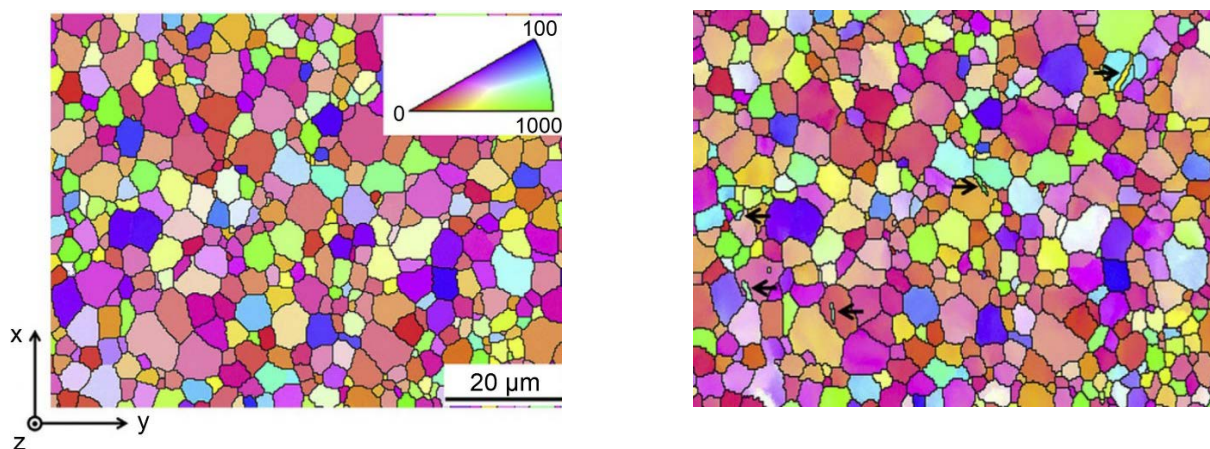
В основу комп'ютерного матеріалознавства полягає детальне вивчення структурно-неоднорідних матеріалів, залежність компонентів між їхнім хімічним складом, структурою, властивостями неоднорідних матеріалів, взаємозв'язок із технологією їх отримання, переробка, основні умови експлуатації, а також створення нових та структурно-неоднорідних матеріалів, що задовольняються потребами людства [1]. Створення та розробка нових, високоефективних структурно-неоднорідних матеріалів (СНМ) неможлива без вимірювання та контролю основних властивостей вихідних компонентів, а також готових виробів [2]. СНМ характеризуються цілим рядом структурних та експлуатаційних параметрів, які, зазвичай, визначаються властивостями вихідних компонентів (порошків) та технологією їх виготовлення [3]. До важливих характеристик СНМ відносять: пористість, її розподіл по об'єму СНМ, її вид (відкрита, закрита, тупикова), форма, розміри пор (середні та максимальні), коефіцієнт звивистості пор, коефіцієнт регулярності пористої структури, коефіцієнт проникливості, питома поверхня, механічна міцність, корозійна стійкість і т.д [4]. Тому, вдосконалення металографічних методів та комп'ютерних засобів для вимірювання, аналізу, визначення, обробки, та прогнозування структурних властивостей СНМ є досить актуальною проблемою та практичною задачею у світлі наукового світового технічного прогресу. На рис. 1 представлено побудову елементарної комірки сегментів структурно-неоднорідних матеріалів за допомогою комп'ютерного моделювання.



**Рис. 1. Елементарна комірка сегментів структурно-неоднорідних матеріалів.**

Для того, щоб отримати більш адекватну оцінку отримання результатів морфологічного аналізу структурно-неоднорідних матеріалів необхідно провести їх бінарizaцію сучасними методами комп'ютерного моделювання. Суть даного методу полягає у детальній обробці цифрових зображень. У даному випадку, бінарizaція полягає у перетворенні зображення мікрошліфа СНМ в растрову кольорову гаму сегментів. Алгоритм обчислення Вороного, який закладений в основну методику бінарizaції полягає у аналізі оброблюваної поверхні мікроструктури матеріалів, а також здійснює автоматичний розподіл сегментів на окремі області. Тобто, відбувається мікроскопічний процес розділен-

ня цифрового мікросліфа структурно-неоднорідних матеріалів на декілька дрібних сегментів. На рис. 2 представлено структурну схему бінаризації структурно-неоднорідних матеріалів методами комп'ютерного моделювання.



**Рис. 2. Структурна схема бінаризації структурно-неоднорідних матеріалів методами комп'ютерного моделювання.**

Із даного дослідження випливає, що запропонований метод контролю якості методами комп'ютерного моделювання та його кількісний підхід веде до більш глибокого дослідження структурно-неоднорідних матеріалів. Мало того, запропонований кількісний підхід дає можливість виявити ту оптимальну структуру матеріалів, яка найкраще відповідає умовам експлуатації структурно-неоднорідних матеріалів, та допомогти створювати нові матеріали із заданими властивостями. Слід також відмітити, що методи комп'ютерного моделювання у поєднанні із кількісною металографією дають можливість досліджувати цілий ряд задач, а саме:

- 1) лінійні розміри СНМ, площу перетину СНМ, периметри перетину структурно-неоднорідних матеріалів, а також їх фаз;
- 2) середні радіуси частинок матеріалів, а також їх об'єм;
- 3) розподіл частинок за розмірами, оцінка кутів орієнтації виділених сегментів;
- 4) виявляти дефекти у внутрішній структурі СНМ та його основних складових (частин).

#### ЛІТЕРАТУРА

2. Гуляев К.В., Павлыш В.Н., Зензоров В.И. Математические модели и моделирование. М.: Моделирование, 2004. 140 с.
3. Лобур М.В. Оптимизация математических систем. М.: Металлургия, 1983. 400 с.
4. Мышкис А.Д. Элементы теории математических моделей. М.: Моделирование, 2007. 192 с.
5. Самарский А.А. Математическое моделирование. Методы. Примеры. М.: Моделирование, 2005. 320 с.

## ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ З ВТРУЧАННЯМ CAD/CAM/CAE ТЕХНОЛОГІЙ

*Пастернак В.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,*

*Самчук Л.М.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,*

*Медведчук Н.К.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,*

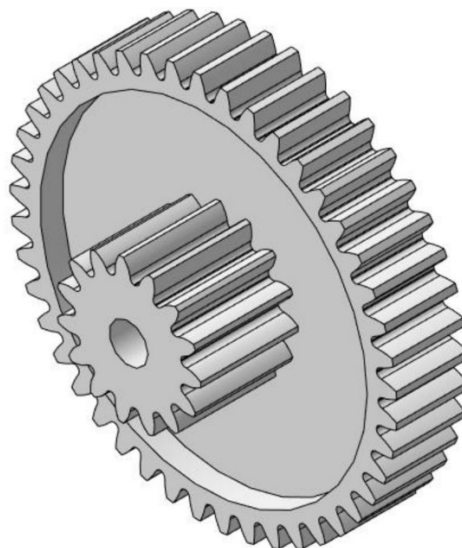
*Рубан А.В.<sup>3</sup>, к.н. держ.упр., доцент*

*<sup>1</sup>Луцький національний технічний університет,*

*<sup>2</sup>Хмельницький національний університет,*

*<sup>3</sup>Національний університет цивільного захисту України*

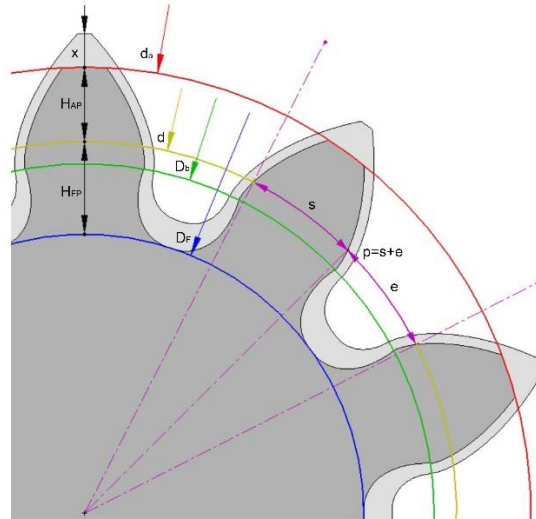
Застосування CAD/CAM/CAE технології формулюють як науково-технічний прогрес людства, а також створюють інформаційний фундамент розвитку науки [1]. Слід відмітити, що отримання довговічних показників якості [1] та міцності [2] зі своїми унікальними властивостями можливо за допомогою нових технологій дослідження [2], що покладають за основу підвищення точності, навантажувальної спроможності, а також зниження загальної маси деталей [3]. Особливе місце в сучасній технології машинобудування займає технологічний процес виготовлення та обробки зубчастих коліс [3], який пов'язаний із високою складністю роботи та великою трудомісткістю праці. Тому, що при їх виготовленні необхідно враховувати цілий ряд показників якості, а саме [4]: висока та питома міцність, корозійна стійкість, поєднання в одному вихідному матеріалі високої міцності, а також їх хімічної інертності, звукопоглинання, низька теплопровідність і т.д. Таким чином, досліджувати, аналізувати та в цілому обґрунтовувати основні показники якості та міцності деталей будь-якого типу та різного призначення новітніми та комп'ютерними методиками CAD/CAM/CAE технологій є актуальним завданням сучасної технології машинобудування. На рис. 1 представлено 3D моделювання деталі, а саме зубчасте колесо.



**Рис. 1. 3D моделювання зубчастого колеса за допомогою CAD/CAM/CAE технологій.**



Однією важливою умовою для показників якості та міцності зубчастого колеса є його триланковий механізм, у якому дві рухомі ланки переважно з'єднуються із нерухомою ланкою. А також, в основу будь-якої зубчастої циліндричної передачі закладено основну теорію евольвентного (ведучого) та прямозубого циліндричного колеса, яка веде до зубчастої прямозубої циліндричної передачі шляхом передавання зміни принципу контактування сполучених евольвентних поверхонь між собою. На рис. 2 представлено загальну схему зчеплень зубчастого колеса та його основні параметри, які задіяні при контактуванні поверхонь між собою.



**Рис. 2. Схема зчеплень зубчастого колеса та його основні параметри.**

Основним параметрами є:  $x$  – похибка зміщення інструменту;  $H_{AP}$ ,  $H_{FP}$  – висота кожного (окремого) зубця;  $d_a$  – діаметр загальних кіл вершин зубів деталі;  $d$  – основний діаметр ділильного кола деталі;  $D_b$  – діаметр евольвенти (основне коло) зубчастого колеса;  $D_F$  – діаметр западин зубчастого колеса;  $s$  – загальне число зубів деталі;  $e$  – відстань між зубами;  $p = s + e$  – функція кроків зубів, а саме: по ділильному колу.

Слід також відмітити, що дані параметри, які зображені на загальній схемі зчеплень відповідають за якість та міцність деталі. А також, при моделюванні представлені у вигляді п'єзоелектричних накладок однакової товщини  $\delta$  та радіусом  $r_0 \leq R$ . Зовнішні та внутрішні поверхні даної деталі межують із пасивним шаром, який покритий із нескінченно тонкими суцільними електродами.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. М.: Машиностроение, 2001. 912 с.
2. Буда А.Г., Король О.В. Проекційне креслення. Вигляди, розрізи, перерізи: навчальний посібник. М.: Наука, 2001. 109 с.
3. Ванін В.В., Перевертун В.В., Надкернична Т.О. Комп'ютерна інженерна графіка в середовищі AutoCAD. М.: Машинобудування, 2005. 288 с.
4. Верхола А.П., Коваленко Б.В., Богданов В.М. Інженерна графіка. Креслення, комп'ютерна графіка: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Н.: Наука, 2005. 304 с.

**ВПЛИВ ТИСКУ ТА ПОТЕНЦІАЛІВ ЗМІЩЕННЯ НА СТРУКТУРУ  
ТА ВЛАСТИВОСТІ НІТРИДНИХ ПОКРИТТІВ TiN***Пінчук Н.В., к.ф.-м.н.,**Терлецький О.С., к.ф.-м.н., доцент**Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

Серед напрямків сучасного матеріалознавства важливе місце стійко займає розробка покриттів з високими характеристиками твердості, міцності і можливістю експлуатації при високих робочих навантаженнях та температурах, в агресивних середовищах. Цим вимогам доволі добре відповідають вакуумно-дугові нітридні покриття TiN, ZrN та інші на основі перехідних металів. Окрім позитивних властивостей і рекордних значень твердості, такі матеріали в залежності від значень параметрів отримання можуть мати небажаний рівень стискаючих напружень [1]. Для поширення можливостей варіювання та оптимізації структури і властивостей покриттів, застосовують додаткові параметри [2] – зокрема, постійний та імпульсний потенціали зміщення на підкладці, що і було досліджено.

Досліджувалися вакуумно-дугові покриття товщиною 9 – 13 мкм, отримані на модернізованій установці «Булат-6»[1], а саме TiN, ZrN, які осаджувались на неорієнтованій підкладці зі сталі 12X18H9T. Технологічні умови осадження були такі. Тиск азотної атмосфери (мається на увазі N<sub>2</sub>)  $p_N = (0.26-0.66)$  Па. Постійний потенціал зміщення ( $U_c$ ) становив: -5 В («плаваючий» потенціал); -40 В і -230 В. Прямокутний імпульсний потенціал ( $U_i$ ): -850 В; -1000 В; -1200 В; -2000 В. Його тривалість становила  $\tau = 4, 7, 10$  або 16 мкс із частотою пульсації  $f = 7$  кГц, тобто, з інтервалом (періодом  $T = 1 / f$ ) між ними 143 мкс.

Структурні дослідження зразків проводили на установці «ДРОН-3М». У всіх дослідженнях було використано випромінювання Cu-K $\alpha$ . Аналіз субструктурних характеристик було проведено методом апроксимації форми дифракційних рефлексів для двох порядків відображень від площин кристалічної решітки із застосуванням апроксимуючої функції Коші. Розраховували розмір кристалітів ( $L$ ) та значенням мікродеформацій ( $\langle \epsilon \rangle$ ). Для вивчення напружено-деформованого стану використовували метод багаторазових похилих зйомок (« $a \cdot \sin 2\psi$ »-метод) і методика кристалічних груп з відповідним отриманням значень макродеформації ( $\epsilon$ ). Мікро- та наноіндентування на твердість проводили на установці «Мікрон-гамма» алмазною пірамідкою Берковича.

Для аналізу впливу параметрів осадження на формування покриттів TiN застосували три технологічні схеми: 1) вплив постійного потенціалу  $U_c$  («плаваючого» та -200 В) без подачі високовольтного імпульсного  $U_i$ ; 2) при близькому до нуля «плаваючому»  $U_c$  досліджували вплив високовольтного імпульсного потенціалу  $U_i$ ; 3) вплив поєднаного постійного ( $U_c = -200$  В) і високовольтного потенціалів  $U_i$ . Слід зазначити, що при усіх режимах осадження відбувається формування однофазного (TiN) стану з кубічною кристалічною решіткою (структурний тип NaCl, JCPDS 38-1420).

Отримані дані аналізували на основі запропонованого інтегрального параметра  $p_N(U_c + \tau f U_i)$ , напруження підставляли за модулем. Його обґрунтованість пов'язана з модельними уявленнями про суперпозицію процесів накопичування дефектів та їх термофлуктуаційної релаксації при осадженні покриттів [3]. Так, концентрація імплантаційних дефектів, по-перше, повинна зростати з підвищенням тиску азоту  $p_N$ , тобто – бути пропорційною його значенням. Енергія іонів, що імплантуються в поверхню, по-друге, пропорційна як постійному, так і імпульсному потенціалам зміщення з урахуванням часу дії. Їх сумісний вплив можна оцінити параметром ( $U_c + \tau f U_i$ ), бо при тривалості імпу-

льсів  $\tau$  та їх частоті  $f = 1/T$  відношення  $\tau/T = \tau \cdot f$  є не що інше, як коефіцієнт заповнення періоду імпульсного впливу. Відповідно, запропонований інтегральний параметр впливу одночасно акумулює як фактори, що підвищують кількість дефектів (вакансії, петлі Франка, дислокації), так і релаксаційні процеси – рис. 1 а, б.

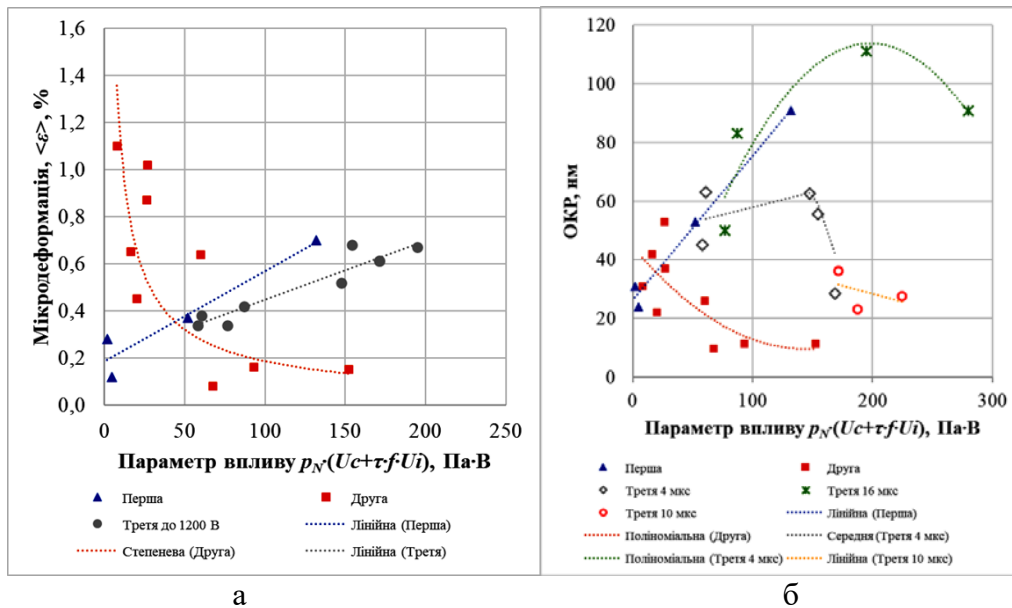


Рис. 1. Залежність мікрореформації (а) та розміру ОКР (б) в покриттях TiN від параметру впливу для трьох технологічних схем осадження.

За результатами аналізу параметру впливу  $p_N(U_c + \tau \cdot f \cdot U_i)$  для усіх випадків встановлено, що при першій схемі осадження розмір кристалітів та мікрореформація зростають в результаті збільшення щільності потоку,  $U_c$  та температури на фронті кристалізації. При дії лише  $U_i$  домінують релаксаційні процеси всередині приповерхневих шарів, які ініціюють перерозподіл дефектів, що в свою чергу приводить до зменшення  $L$  та  $\langle \varepsilon \rangle$ . Для третьої схеми осадження спочатку характерно аналогічне накопичення дефектів, як і в першій схемі, а потім домінують релаксаційні процеси, що пояснює зниження залежності  $L$  та  $\langle \varepsilon \rangle$ . Зазначимо, що максимальні значення мікротвердості  $\approx 43$  ГПа були отримані при  $U_i = -850$  В ( $U_c = -200$  В), тобто безпосередньо в зоні піків на рис. 1, б.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Вакуумно-дуговые покрытия. Технологии, материалы, структура, свойства / Аксенов И.И. та ін. Харьков : ВАНТ ННЦ ХФТИ, 2015. 380 с.
2. Соболев О.В., Пинчук Н.В., Андреев А.А. Влияние высоковольтного импульсного потенциала, подаваемого на подложку, на фазовый состав и структуру вакуумно-дуговых покрытий TiN. *Журнал нано- та електронної фізики*. 2015. Том 7 (2). С. 02042-1–02042-5.
3. Bilek M.M.M., McKenzie D.R. A comprehensive model of stress generation and relief processes in thin films deposited with energetic ions. *Surface & Coatings Technology*. 2006. Vol. 200. P. 4345–4354.

## УНІВЕРСАЛЬНА ДІАГРАМА ДІЙНОГО СТАНУ БЕТОНУ В ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТАХ ТА КОНСТРУКЦІЯХ

*Ромашко В.М., д.т.н., доцент,*

*Ромашко-Майструк О.В., к.т.н.*

*Національний університет водного господарства та природокористування*

Розвиток методів розрахунку елементів та конструкцій і досі доволі часто пов'язують з пошуком дійсної діаграми деформування бетону  $\sigma_c - \varepsilon_c$ . Спершу її відтворювали за допомогою тригонометричних та степеневих функцій і рядів, поліномів малих степенів, показникових і навіть дробово-лінійних функцій. Пізніше перевагу стали віддавати сплайн-функціям, поліномам вищих степенів та дробово-раціональним функціям. Детальний аналіз цих залежностей, наведений в роботі [1], дозволяє доволі критично оцінити переваги та недоліки кожної з них. Більше того, завдяки йому можна сформулювати і цілу низку спільних недоліків, властивих для вказаних залежностей. По-перше, у переважній більшості функції  $\sigma_c - \varepsilon_c$  є емпіричними чи напівемпіричними. По-друге, ототожнення стандартних діаграм деформування бетону та діаграм його стану в залізобетонних елементах і конструкціях є дещо некоректним. По-третє, вихідні умови для параметричних точок діаграми  $\sigma_c - \varepsilon_c$  є не надто переконливими та недостатньо обґрунтованими.

Зазвичай бетон працює разом з арматурою, яка безпосередньо впливає на його деформування. Тому, якщо говорити про універсальну залежність діаграми  $\sigma_c - \varepsilon_c$ , то необхідно розглядати деформування бетонного елемента з різним насиченням його арматурою і навіть без неї. В такому випадку доводиться мати справу з жорсткістю зазначеного елемента. Зокрема, процес деформування центрально стиснутого бетонного елемента (циліндра чи призми) можна описати наступною залежністю

$$\varepsilon_c = N / D = \sigma_c / E_c', \quad (1)$$

де  $\varepsilon_c$  – відносні деформації стиснутого бетону;  $N$  – поздовжнє зусилля в елементі;  $D$  – жорсткість поперечного перерізу елемента;  $\sigma_c$  – стискуючі напруження в бетоні;  $E_c'$  – січний модуль деформацій бетону.

Якщо зважити, що січний модуль деформацій залежить не тільки від рівня напружень в бетоні  $\eta_\sigma = \sigma_c / f_c$ , але й від рівня його деформування  $\eta_\varepsilon = \varepsilon_c / \varepsilon_{c1}$ , то його можна представити у вигляді аналітичної залежності [1]:

$$E_c' = a - b \cdot \varepsilon_c / \varepsilon_{c1} - c \cdot \sigma_c / f_c, \quad (2)$$

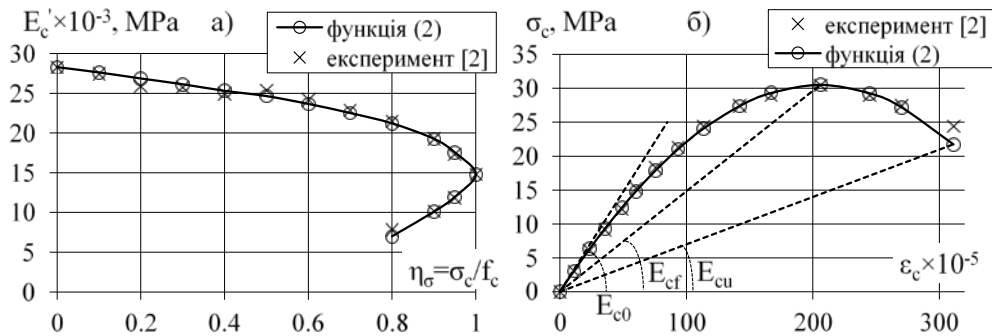
де  $a$ ,  $b$  і  $c$  – деякі вихідні параметри процесу деформування бетону;  $f_c$  і  $\varepsilon_{c1}$  – міцність та відповідні їй критичні деформації стиснутого бетону.

Тоді, застосовуючи певні граничні умови деформування до виразів (1) і (2), можна отримати універсальну залежність діаграми деформування бетону:

$$\sigma_c = f_c \frac{k \cdot \eta_\varepsilon - \eta_\varepsilon^2}{1 + (k - 2) \cdot \eta_\varepsilon}, \quad (3)$$

де  $k = E_{c0} \cdot \varepsilon_{c1} / f_c$  – показник пружно-пластичних властивостей стиснутого бетону.

Результати експериментальних досліджень [2] підтверджують цілковиту правомірність використання залежності (2) для відображення січного модуля деформацій бетону (рис. 1, а). Те ж саме можна сказати і про експериментальну обґрунтованість діаграми деформування бетону (рис. 1, б), що описується функцією (3).



**Рис. 1. Залежність січного модуля деформацій бетону (а) та повна діаграма його деформування (б).**

Використовуючи гіпотезу «нелінійності жорсткості» перерізу елемента [1] у формі виразу (2), можна довести, що стандартна діаграма деформування центрально завантаженого неармованого бетонного зразка (циліндра чи призми) не може мати низхідної вітки. Вона також дозволяє обґрунтувати вибір визначальних параметричних точок діаграми деформування бетону та вихідних умов щодо їх визначення. Зокрема дослідженнями встановлено, що співвідношення між початковим модулем деформацій бетону  $E_{c0}$  та модулем його пружності  $E_c$  залежить від класу бетону, а тому не може прийматися сталим, як це зроблено в чинних нормах [3]. Також обґрунтовано, чому граничні деформації стиснутого бетону  $\varepsilon_{cu}$ , як і протяжність низхідної вітки діаграми його деформування, слід обмежувати тільки за діаграмою стану самого елемента, використовуючи екстремальний критерій Ферма  $dM/d(1/r) = 0$ . Загалом дослідження показали, що величина граничних деформацій стиснутого бетону  $\varepsilon_{cu}$  навіть в центрально стиснутих залізобетонних елементах значною мірою залежить від параметрів їх армування.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Ромашко В. М. Деформаційно-силова модель опору бетону і залізобетону: монографія. Рівне: О. Зень, 2016. 424 с.
2. Bezgodov E. and Shvedov V. Comparison of complete stress-strain curves of concrete using test prisms and test cylinders. *E3S Web of Conferences*. 2019. Vol. 97. 02013.
3. ДСТУ Б В.2.6-156: 2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. [Чинний від 01.06.11]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 123 с.



## БІОЦИДНІ СКЛОКРИСТАЛІЧНІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ КЕРАМОГРАНІТУ

*Саввова О.В.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,  
Покроєва Я.О.<sup>2</sup>, головний технолог,  
Воронов Г.К.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Христич О.В.<sup>3</sup>, к.т.н., доцент,  
Стороженко В.О.<sup>1</sup>, магістрант*

<sup>1</sup>Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова,

<sup>2</sup>ПрАТ «Харківський плитковий завод»,

<sup>3</sup>Національний університет цивільного захисту України

До пріоритетних напрямків підвищення конкурентоздатності вітчизняного керамограніту на європейському ринку відноситься впровадження інноваційного підходу, щодо розробки нових типів глазури для керамічної плитки із забезпеченням комплексу спеціальних властивостей. Саме одночасне забезпечення таких важливих характеристик склопокриттів для керамограніту як зносостійкість, антибактеріальна та фунгіцидна дія відносно патогенних мікроорганізмів, здатність до самоочищення та стійкість до біокорозії є визначальним фактором при розробці заходів щодо попередження поширення різного роду пандемій, зокрема, SARS-CoV-2 [1], та збереження функціонального та естетичного стану будівельних матеріалів відносно дії кородуючого впливу, механічної дії, хімічних та біологічних реагентів. Поряд з цим, зважаючи на зростаючі вимоги, щодо підвищення зносостійкості керамогранітної плитки, яка використовується в місцях з високою прохідністю, необхідною є розробка протекторних покриттів з 4 ступенем зносостійкості із застосуванням власної композиційної сировини. Рішенням цієї проблеми є створення нового типу біоцидного зносостійкого прозорого склокристалічного покриття для керамогранітної плитки [2].

Одержання біоцидних протекторних покриттів на основі висококальцієвих лужноалюмосилікатних фрит є можливим завдяки спрямованому структуро- та фазоутворенню при виконанні таких умов:

- протіканню тонкодисперсної об'ємної кристалізації скла при швидкісному режимі термообробки для формування зміцненої оптично прозорої структури;
- протіканню поверхневої кристалізації для формування зносостійкої матової текстури покриття з середнім арифметичним відхиленням профілю  $R_a$  2–3 мкм;
- формуванню нанорозмірного біоцидного наповнювача та його рівномірному розподілу у структурі покриття для забезпечення пролонгованого біоцидного ефекту.

При одержанні протекторних покриттів як біоцидний наповнювач було обрано нітрат цинку та, для порівняння відомий антибактеріальний компонент нітрат аргентуму. Доцільність застосування солей важких металів при одержанні біоцидних склопокриттів визначається:

- технологічністю, внаслідок збереження основних властивостей матеріалів;
- економічністю, завдяки їх зниженій вартості при порівнянні із застосуванням бактеріцидних нанопорошків;
- значним біоцидним ефектом, за рахунок рівномірного розподілення у складі матеріалу [3];
- нетоксичністю за рахунок високих значень ДКМ та  $LD_{50}$  для катіонів цинку.

Біоцидну активність по відношенню до *E.Coli*, *A.Niger* та *C.Albicans* визначали для ковалентно зафіксованих біоцидних препаратів за DuPont ASTM E 21-49 (США). Для можливості встановлення пролонгованої дії покриттів, які можуть ефективно експлуату-

ватися в умовах пандемії, термін взаємодії покриття з *E.Coli* було збільшено до 96 год. Час експозиції для грибів склав від 7 до 14 діб.

Результати досліджень біоцидної активності вихідного протекторного покриття та покриттів з вмістом бактерицидних наповнювачів дозволили встановити, що для вихідного протекторного покриття зміна кількості колонієутворюючих організмів (КУО) є незначною, що свідчить про його бактериостатичні та фунгістатичні властивості. Для дослідних покриттів з вмістом та бактерицидних наповнювачів зміна показнику КУО є значною та практично однаковою, що підтверджує значну інгібуючу дію катіонів цинку та аргентуму на патогенні мікроорганізми.

Найвища затримка росту після контакту з покриттями через 24 та 48 години відзначається відносно бактерії *E.Coli*. Антибактеріальний ефект розроблених покриттів є пролонгованим і складає 76–81 % впродовж усього періоду інкубування. Це дозволяє використовувати розроблені покриття в умовах жорсткого бактеріального зараження. Для розроблених склопокриттів фунгіцидна дія відносно *C. Albicans* складає 45–50 % і є пролонгованою впродовж 7 та 14 діб. При дії міцеліального гриба *A. Niger* на розроблені склопокриття фунгіцидний ефект через 7 діб витримки є декілька вищим при порівнянні з дією *C. Albicans*, однак за наступні 7 діб фунгіцидний ефект склопокриттів знижується.

Отже, введення 0,1 мас. %  $Zn(NO_3)_2$  та  $AgNO_3$  на 100 мас. % шлікеру до складу протекторних покриттів дозволяє забезпечити біоцидний ефект бактерії *E.Coli* та грибів *A. Niger* та *C. Albicans* при зниженні росту колоній від 45 до 81 % в умовах жорсткого біоцидного зараження. Однак, зважаючи на значну токсичність металевого срібла, його вартість та значний вплив на рівномірність колоїдного забарвлення покриття при випаді використання  $AgNO_3$  не рекомендовано при розробці біоцидних склопокриттів для керамограніту.

Результати дослідження текстури розробленого протекторного покриття для керамограніту дозволили встановити наявність кристалічної фази  $\alpha$ -корунду в приповерхневих шарах глазури та формування шовковистої матової поверхні ( $R_a=2$  мкм). Це дозволяє забезпечити 4 ступінь зносостійкості розробленого покриття та його здатність протидіяти ковзанню. Забезпечення високих експлуатаційних характеристик (EN ISO 10545) розробленого склокристалічного покриття для керамограніту дозволяє використовувати керамічну плитку на ділянках з підвищеною прохідністю. Впровадження біоцидного зносостійкого склокристалічного покриття при виробництві керамограніту на ПрАТ «ХПЗ» дозволяє забезпечити ринок будівельної кераміки інноваційним матеріалом та підвищити конкурентну спроможність вітчизняних виробників на світовому ринку.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. G. Dev Kumar, A. Mishra, L. Dunn et al. Biocides and Novel Antimicrobial Agents for the Mitigation of Coronaviruses. *Frontiers in Microbiology*. 2020. Vol. 1. Article 1351. P. 1–12.
2. T. Zanatta, R.A. Antunes, B. Santa, N. Padoin, C. Soares, H.G. Gracher. Eco-friendly ceramic tiles: development based on technical and market demands. *Journal of Materials Research and Technology*. 2021. Vol. 11. P. 121–134.
3. O.V. Savvova. Effect of Zinc and tin Oxides on the Bactericidal Properties of Glass Enamel Coatings. *Glass and Ceramics*. 2014. Vol. 71. № 7–8. P. 254–257.

## ОРГАНО-НЕОРГАНІЧНІ ЗОЛІ $\text{SiO}_2$ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ВОГНЕЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОТОНВМІСНИХ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

*Скородумова О.Б.<sup>1</sup>*, д.т.н., професор,  
*Тарахно О.В.<sup>1</sup>*, д.т.н., професор,  
*Чеботарьова О.М.<sup>1</sup>*,  
*V. Mashkov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,

<sup>2</sup>Університет Дж. Е. Пуркина, Чехія

Для підвищення вогнезахисту текстильних матеріалів перспективними є покриття на основі  $\text{SiO}_2$ , одержані в результаті проведення золь-гель процесу [1–3]. В цих наукових дослідженнях достатньо докладно охарактеризовані процеси, що відбуваються під час переходу золю в гель у разі використання кремнійорганічної сировини [4].

Але в цих публікаціях зроблено акцент на процеси гелеутворення, які відбуваються безпосередньо на поверхні тканини у разі нанесення шар за шаром компонентів композицій. В такий спосіб можна одержати вкрай неоднорідне покриття як за складом, так і товщиною, що значно знижує вогнезахисні властивості покриттів. Тому в зарубіжній літературі часто пропонуються як вихідні матеріали складні фосфор-нітроген-вмісні кремнійорганічні речовини, здатні реагувати з целюлозою ниток тканини та неорганічними солями-антипіренами. Основними недоліками в такому випадку є висока вартість компонентів композицій, достатньо складна технологія їх одержання, а також негативний вплив на навколишнє середовище. Авторами було запропоновано шляхи утворення вогнезахисних покриттів на основі гелів етилсилікату та широко відомих простих антипіренів, що значно полегшує технологію їх одержання, підвищує вогнезахист текстильних матеріалів, зменшує об'єм виділення токсичних газів, але не знижує вартість за рахунок високої ціни на кремнійорганічну сировину навіть технічного рівня чистоти.

З цього погляду цікаві золі кремнекислоти, які легко можна отримати шляхом дії мінеральних кислот на силікат натрію (рідке скло). Однак у публікаціях, наведених у технічній літературі, розглядалися технологічні аспекти обробки рідкого скла та етапи старіння одержаних гелів з точки зору отримання гелевих порошків потрібної структури, заданої пористості чи морфології пор, але не стійкого золю.

Захисні покриття на основі силікату натрію або рідкого скла використовуються дуже давно в різних галузях з різною метою: для вогнезахисту дерев'яних конструкцій, для створення спінювальних або гелеутворюючих композицій для тушіння легкозаймистих рідин тощо. В промисловості випускаються кремнезолі різної концентрації на основі силікатів натрію як силікатні зв'язуючі та клеї, але ці золі для запобігання передчасної коагуляції стабілізовані іонами лужних металів, тому мають достатньо великий розмір колоїдних частинок з дезактивованою поверхнею та характеризуються високими значеннями рН (11-13). Просочення текстильних матеріалів з метою підвищення вогнестійкості пов'язане з деякими технологічними труднощами, як то необхідність збереження зовнішнього вигляду просоченої тканини та виробів з неї, збереження міцності текстильних матеріалів, що є дуже важливим показником з приводу їх використання як оббивних матеріалів, виготовлення захисних костюмів тощо. Звісно, високі значення рН кремнезолів не дозволяють досягти цих завдань.

З огляду на вище сказане, в роботі була поставлена мета розробити стійкий концентрований золь  $\text{SiO}_2$  на основі рідкого скла в інтервалі рН 5–6 для вогнезахисту текстильних матеріалів від дії відкритого вогню.

Недостатність теоретичних і експериментальних даних передбачає вирішення основних завдань даного дослідження: визначити вплив концентрації розроблених золи SiO<sub>2</sub> на їх реологічні характеристики, а також на здатність до вогнезахисту текстильних матеріалів.

Золи на основі рідкого скла готували змішуванням водних розчинів рідкого скла та оцтової кислоти. Встановлено, що з підвищенням концентрації золю SiO<sub>2</sub> оптична густина золи підвищується. Початок утворення просторових структур у золі (великих асоціатів) при підвищенні концентрації золю спостерігається тим раніше, чим вища концентрація золю. Підвищення концентрації золю SiO<sub>2</sub> з 6 до 14 % зменшує живучість золю вдвічі (з 70 до 30 хв.) В інтервалі концентрацій 8–12 % SiO<sub>2</sub> живучість практично не змінюється і знаходиться на рівні 50 хв, що є достатнім для просочення навіть великої кількості зразків тканини.

Експериментальні композиції наносили на тканину ванним методом пошарово. Кожний шар покриття закріплювали на поверхні тканини термічним ударом в сушильній шафі за температур 80–100 °С.

Не оброблена коттонова тканина загорялася під дією вогню через 7 с. Просочені зразки тканини під дією вогню (тиск газу складав 0,2 МПа) не загорялися, а поступово обуглювалися. За умов відсутності антипіренів у складі вогнезахисної композиції після видалення джерела вогню спостерігалось остаточне тління. В ході випробувань тканина з виворітного боку змінювала своє забарвлення із рожевого на темно-жовте, а в місцях глибокого пошкодження - на темно-коричневе. Тривала дія полум'я призводила до утворення в центрі обугленої плями тріщини. Час, за який під дією вогню утворюється тріщина у зразку, визначали за час початку руйнування тканини. Вплив товщини покриття та концентрації SiO<sub>2</sub> в золі на вогнестійкість зразків просоченої тканини під дією полум'я протягом 8 с визначали як площу пошкодження зворотного боку тканини.

Покриття на основі золю 12 %-ї концентрації також показали задовільні результати. Час початку руйнування тканини також залежить не тільки від концентрації, але й від кількості шарів нанесеного покриття. Тут простежується закономірність: чим вище концентрація золю, тим менше потрібно шарів покриття. Як видно з графіку 4, у разі використання 10 %-го золю SiO<sub>2</sub> тканину потрібно просочувати тричі. Підвищення концентрації до 12 % дозволяє зменшити кількість просочень до двох, що є важливим для збереження м'якості та еластичності тканини.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Alongi J., Ciobanu M., Carosio F., Tata J., Malucelli G. Thermal stability and flame retardancy of polyester, cotton and relative blend textile fabrics treated by sol-gel process. *Journal of Applied Polymer Science*. 119 (4). 2011. P. 1961–1969.
2. Alongi J., Ciobanu M., Malucelli G. Sol-gel treatments for enhancing fire stability of cotton fabrics: optimization of the process and evaluation of durability. *Cellulose*. 18 (1). 2011. P. 167–177.
3. Alongi J., Ciobanu M., Malucelli G. Cotton fabrics treated with hybrid organic-inorganic coatings obtained through dual-cure processes. *Cellulose*. 18. 2011. P. 1335–1348.
4. Alongi J., Ciobanu M., Malucelli G. Novel flame retardant finishing systems for cotton fabrics based on phosphorus-containing compounds and silica derived from sol-gel processes. *Carbohydrate Polymers*. 85 (3). 2011. P. 599–608.

## ОСИЛЯЦІЙНІСТЬ ТА СТУПІНЧАСТІСТЬ ТЕМПЕРАТУР ПЛАВЛЕННЯ ВУГЛЕВОДНІВ ЯК МАРКЕР ЇХ КЛАСТЕРНОЇ БУДОВИ

*Трегубов Д.Г., к.т.н., доцент,  
Тарахно О.В., д.т.н., професор,  
Трегубова Ф.Д.*

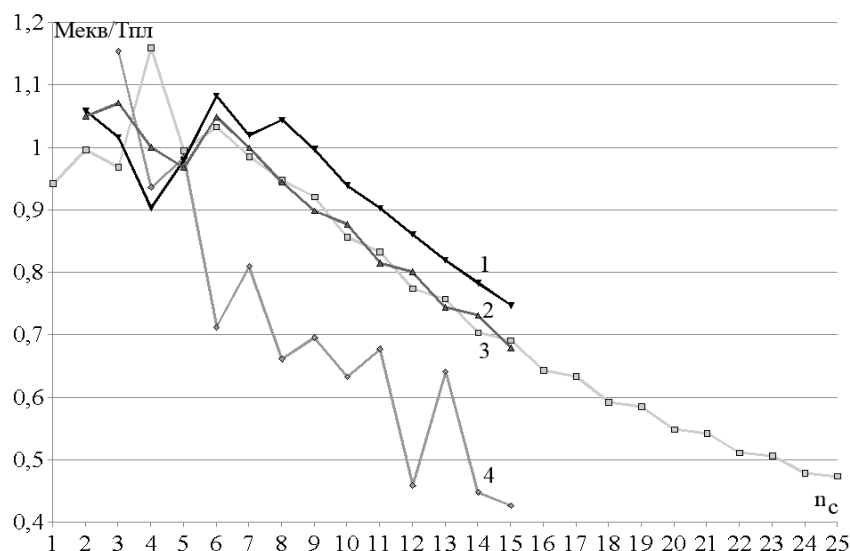
*Національний університет цивільного захисту України*

Усі напрямки використання речовин спираються на певні параметри їх фізико-хімічних властивостей. Але багато з цих властивостей мають аперіодичний характер зростання у кожному гомологічному ряду. Такі особливості як чергування для «парних-непарних» молекул спостерігаються для температур плавлення  $t_{\text{mp}}$  та масових швидкостей вигорання [1]. Рентгенівський аналіз виявив для непарних *n*-алканів менш щільну упаковку молекул з більшими міжмолекулярними відстанями [2]. Відомі розрахунки через серії Атуме та молекулярну масу [3]. Враховують внесок функціональних груп у формування властивостей речовини (для  $t_{\text{mp}}$  [4]). Для етану, пропану, *n*-бутану у твердому стані виявлено шарові структури з молекулярною геометрією «прямокутник», «п'ятикутник», «шестикутник» [5], тому пропан упаковано більш щільно і в нього найменша  $t_{\text{mp}}$ . Одним з пояснень розбіжності може бути кластерна будова речовини та її відмінності для «парних» та «непарних» молекул [2]. Для рідкого стану *n*-гексанолу показано наявність ди-, три- та тетрамерів [6]. Циклобутан може утворюватись шляхом димеризації етилену, вінілацетилен – димеризації етіну, бензол – тримеризації етіну, триметилбензол – тримеризації пропіну (тобто у рідинах відповідні димери або тримери існують, а за температурного впливу та наявності каталізаторів реакція завершується), циклододекан – гідруванням продуктів циклотримеризації бутадієну у присутності каталізаторів, циклогексан має найменшу напруженість у молекулі. Тому можна очікувати, що у рідині існують миттєві кластерні структури, а стабільні – у твердому стані. З'ясування наявності та особливостей кластерної будови речовини допоможе прогнозувати її властивості.

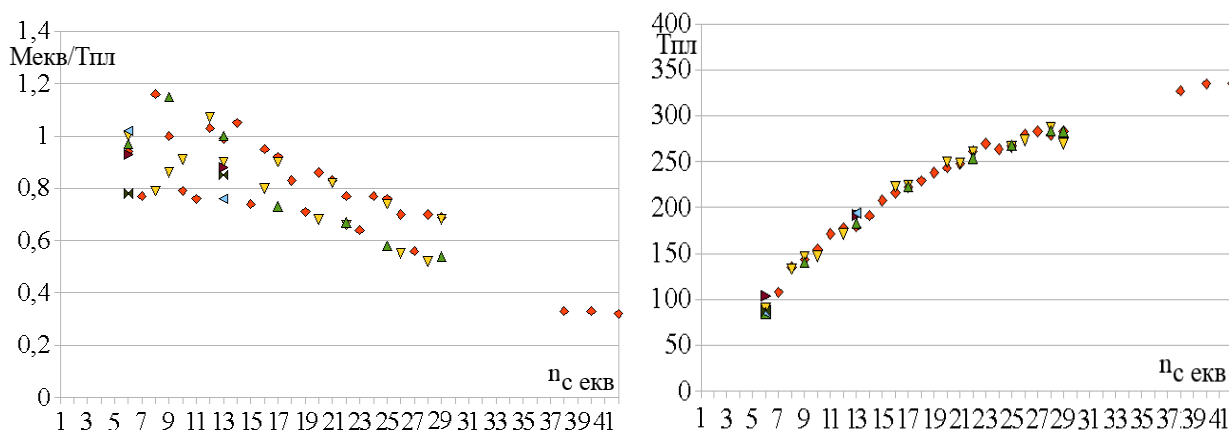
Приймемо, що характерні температури речовин – це температури зміни стану та руйнування кластерів на менші стійкі утворення: температури плавлення, сублімації, кипіння та ін. Речовини, що не утворюють менших стійких кластерів, як правило лише розкладаються. Тоді температура плавлення – це температура перетворення стійкої макромолекули кластерного типу у кластер рідини як імовірнісну структуру, яка постійно перегрупується, а властивості речовини будуть корелювати з кількістю атомів у кластері та його молярною масою. Логічно припустити, що така залежність повинна мати плавний, в оптимальному випадку майже лінійний характер, оскільки кожний наступний представник гомологічного ряду відрізняється від попереднього на стандартну молекулярну ланку ланцюга. Однак аналіз залежностей багатьох гомологічних рядів показує, що ця логіка для них не працює [1]. Нами проводиться пошук способу звільнитися від осциляційності залежностей в гомологічних рядах вуглеводнів. Цікавим виглядало співвідношення молярної маси кластеру до температури плавлення у *K* (оскільки цифри є схожими; так, для гексамеру метану це буде 96/90,5). Графік показує, що розгляд властивостей речовини за кількістю атомів у молекулі не відображає її властивостей.

Оскільки найменшим кластером є димер, можна передбачити лінійну димеризацію. Але виявилось, що осциляційність можна пояснити димеризацією парних та непарних молекул за положенням карбону «1» та «2», відповідно. Тоді виникає необхідність враховувати довжину та молярну масу кластерів, рис. 2.





**Рис.1.** Залежність співвідношення молярної маси кластеру до  $T_{пл}$  від кількості атомів карбону у молекулі: 1 – алкени; 2 – алкіни; 3 – алкани; 4 – циклоалкани.



**Рис. 2.** Залежність від довжини кластеру параметрів « $M_{екв}/T_{пл}$ » та « $T_{пл}$ ».

Для алканів, алкенів, алкінів та циклоалканів розроблено апроксимаційну формулу взаємозв'язку довжини кластеру з температурою плавлення:

$$t_{пл} = 0,0079(n_{с\ экв})^3 - 0,703(n_{с\ экв})^2 + 24,762(n_{с\ экв}) - 305,8, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (1)$$

Дана формула працює на добірку з 80 речовин та має  $R^2 = 0,9953$ . Цікава також апроксимація від еквівалентної молярної маси кластеру у К:

$$T_{пл} = -4 \cdot 10^{-17}(M_{екв})^6 + 4 \cdot 10^{-13}(M_{екв})^5 - 10^{-09}(M_{екв})^4 + 3 \cdot 10^{-06}(M_{екв})^3 - 2,7 \cdot 10^{-3}(M_{екв})^2 + 1,492M_{екв} - 15,9$$

Дана формула має  $R^2 = 0,9955$ . Тобто є залежність й від довжини кластеру, й від молярної маси. Але за одної довжини кластеру буває різна молярна маса, тому необхідно врахувати обидва параметри ( $R = 0,997$  та середнє відхилення 4,2 К):

$$T_{пл} = 110(0,5n_{с\ экв})^{0,35} - (0,5n_{с\ экв})^{1,2} - 360/n_{с\ экв} + 60M^{0,2} - 158, \text{ К}. \quad (3)$$

### ЛІТЕРАТУРА

1. Tregubov D., Tarakhno O., Sokolov D., Trehubova F. The identification of hydrocarbons cluster structure by melting point. *PES*. 2021. № 34. С. 94–109.
2. Boese R., Weiss H.-Ch., Bläser D. The Melting Point Alternation in the Short-Chain n-Alkanes: Single-Crystal X-Ray Analyses of Propane at 30 K and of n-Butane to n-Nonane at 90 K. *Angewandte chemie*. V. 38. I.7. 1999. P. 988–992.
3. Atume E. T. Absolute Prediction of the Melting and Freezing Points of Saturated Hydrocarbons Using Their Molar Masses and Atume's Series. *Advanced Journal of Chemistry-Section A*. 2020. 3(2). P. 122–130.
4. Li H., Higashi H., Tamura K. Estimation of boiling and melting points of light, heavy and complex hydrocarbons by means of a modified group vector space method. *Fluid Phase Equilibria*. V. 239. I. 2. 2006. P. 213–222.
5. Thalladi V.R. and Boese R. Why is the melting point of propane the lowest among n-alkanes? *New J. Chem.*. 2000. 24. P. 579–581.
6. Doroshenko I.Yu. Spectroscopic study of cluster structure of n-hexanol trapped in an argon matrix. *Low Temperature Physics*. 2017. V.3. № 6. P. 919–926.

## ОДЕРЖАННЯ ПОРОШКУ ВОЛЬФРАМУ ЧЕРЕЗ ЕЛЕКТРОХІМІЧНЕ ПЕРЕРОБЛЕННЯ ВОЛЬФРАМ-КОБАЛЬТОВИХ ПСЕВДОСПЛАВІВ ДЛЯ МОДИФІКАЦІЇ АРАМІДНОЇ ТКАНИНИ

*Тульський Г.Г.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,*

*Ляшок Л.В.<sup>1</sup>, к.т.н., професор,*

*Гомозов В.П.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,*

*Васильченко О.В.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,*

*Скатков Л.І.<sup>3</sup>, к.т.н.*

<sup>1</sup>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,

<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України,

<sup>3</sup>Університет Бен-Гуріона в Негеві, Беер-Шева, Ізраїль

Перероблення вольфрамвмісних відходів у розчинах кислот дозволяє значно спростити технологічний процес за рахунок селективності розділення компонентів сплаву, а також можливість отримувати осади сполук вольфраму ( $WO_3$ ) без його переведення в розчин [1, 2].

Виявлення особливостей електрохімічної анодної поведінки псевдосплаву WC-Co важливо для розробки ефективного способу його розчинення, отримання оксидів вольфраму, а також електросинтезу порошку вольфраму заданого гранулометричного складу. Порошок вольфраму може бути ефективним для отримання термостійкого арамідного волокна.

Для проведення досліджень використовували вторинну сировину вольфраму, зокрема бруски з псевдосплаву WC-Co. Анодне розчинення псевдосплаву в хлоридній кислоті проводили при варіюванні її концентрації та з додаванням HF до складу електроліту, а також встановлювали кількісні характеристики процесу і визначали склад отриманих продуктів реакції рентгеноструктурним аналізом.

Однією з основних особливостей електрохімічної поведінки псевдосплаву є його анодна іонізація через неметалеву тверду фазу, тобто при анодній поляризації вольфрам не переходить у розчин у вигляді простих іонів, а утворює поверхневі плівки.

В електролітах, в яких відсутній галоген-іон, вольфрам хімічно не взаємодіє з електролітом і анодні реакції на вольфрам супроводжуються формуванням фазового оксиду, що має напівпровідникові властивості.

Плівки, отримані в галогеновмісних електролітах, які хімічно взаємодіють з вольфрамом, слугують джерелами дірочної провідності. Вступаючи у взаємодію з поверхневим оксидом, активуючі іони, значно підвищують концентрацію неосновних носіїв, які сприяють збільшенню швидкості реакції розчинення металу.

В результаті електрохімічного перероблення псевдосплаву WC-Co в розчинах кислот було отримано нерозчинні осади оксидів вольфраму різного ступеню окислення. Вони можуть використовуватися як вихідна сировина для одержання металевого порошку вольфраму.

Також дослідження електрохімічного відновлення вольфраму в вигляді порошку з хлоридних і хлоридно-фторидних розплавів дозволили визначити фактори, що впливають на його дисперсність. Показано, що змінюючи концентрацію  $F^-$  іонів в розплаві, є можливість керувати дисперсністю осаду вольфраму.

Визначено, що триманню дрібнодисперсних порошків вольфраму сприяють такі чинники: збільшення температури; використання імпульсних режимів і підвищеної густини струму, особливо в початковий період.

Дослідження морфології порошкоподібних зразків вольфраму дозволило визначити чисельні розміри зерен. Встановили, що основний розмір зерен знаходиться в межах до 20–30 мкм (рис. 1).

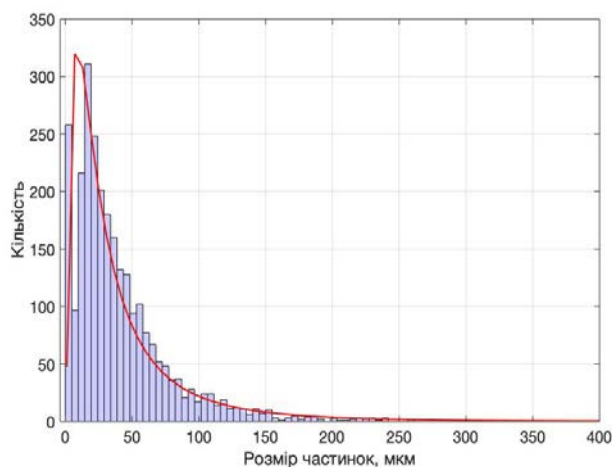


Рис. 1. Гістограма розподілу порошку вольфраму за розмірами.

За результатами експериментів на підставі аналізу кінетичних та інших методів досліджень запропоновано механізм розчинення псевдосплаву WC-Co у розчині 2,5 моль/дм<sup>3</sup> HCl та при додаванні HF. Встановлено, що на поверхні псевдосплаву утворюється добре розчинний вищий хлорид вольфраму, який з часом гідролізується в водному розчині з утворенням оксидів вольфраму. Встановлено, що при додаванні до 2,5 моль/дм<sup>3</sup> HCl депасиватору HF (1 моль/дм<sup>3</sup>) ефективність розчинення псевдосплаву становить 99 %. Кінцевим продуктом перероблення псевдосплаву є WO<sub>3</sub>.

Визначено показники електрохімічного синтезу порошку вольфраму заданого гранулометричного складу. Встановлено, що при електролізі з розплаву з високим вмістом WO<sub>2</sub>F<sub>4</sub><sup>2-</sup> вольфрам виділяється у вигляді дрібнодисперсного порошку, а при електролізі з розплаву з високим вмістом WOF<sub>6</sub><sup>2-</sup> – великодисперсного порошку. Для отримання дрібнодисперсних порошків 2–3 мкм, густину струму необхідно збільшувати від 1,0 до 12,0 А/см<sup>2</sup>. Запропоновано спосіб використання отриманого порошку вольфраму (W, WO<sub>3</sub>) для модифікації арамідної тканини. Встановлено, що при нанесенні на арамідне волокно у кількості 10 % мас. W та WO<sub>3</sub> термічна стійкість тканини збільшується з 300 °C до 900 °C [3].

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Ляшок Л.В, Байрачний Б.И., Токарева И.А. [и др.]. Комплексная переработка техногенных отходов вольфрама. *Энерготехнологии и ресурсосбережение*. 1 (2012). С. 43–46.
2. Байрачний Б.И., Ляшок Л.В. Технічна електрохімія: підручник. (Ч. 4). Гідроелектрометалургія. Харків: НТУ «ХП», 2012.
3. Патент України на корисну модель UA №149278 U від 03.11.2021 Спосіб отримання термостійкого арамідного волокна. Г.Г. Тульский, Л.В. Ляшок, І.М. Колупаєв, М.П. Османова.

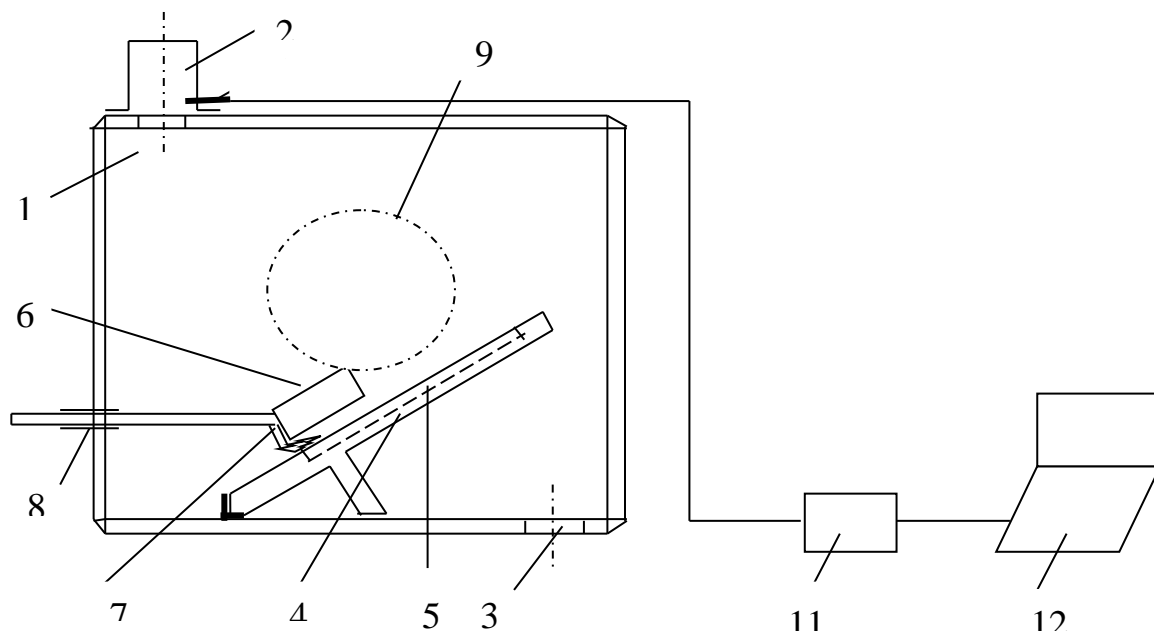
## ДЕЯКІ АСПЕКТИ ВОГНЕЗАХИСТУ ДЕРЕВИНИ ІНТУМЕСЦЕНТНИМ ПОКРИТТЯМ

*Цапко Ю.В.<sup>1,2</sup>, д.т.н., професор,  
Бондаренко О.П.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Горбачова О.Ю.<sup>2</sup>,  
Мазурчук С.М.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури,  
<sup>2</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України

Капітальне будівництво та реконструкція існуючих об'єктів цивільного, промислового і спеціального призначення, пов'язане з використанням деревини, яка чутлива до впливу високої температури, тобто здатністю зберігати функціональні властивості в умовах експлуатації. Однак вогнезахист деревини поверхневим просоченням, не забезпечує високу вогнезахисну ефективність і тривалості безпечної експлуатації об'єктів, оскільки антипірени проникають на незначну глибину та вимиваються під впливом вологи. За останні роки з запропонованого напрямку досліджень відомі роботи, які направлені на створення вогнезахисних засобів, які в процесі нагрівання утворюють коксовий теплоізоляційний шар на поверхні деревини [1, 2].

Для встановлення ефективності захисту деревини, використовували зразки, необроблені та які оброблювали засобами, яке здатні під дією високої температури створити на поверхні піно коксовий захисний шар. На рис. 1 наведено випробувальну камеру для проведення досліджень.



**Рис. 1. Випробувальна камера для визначення параметрів займання та поширення полум'я:** 1 – випробувальна камера, 2 – витяжна труба, 3 – вентиляційний отвір, 4 – тримач зразка, 5 – зразок, 6 – радіаційна панель, 7 – запалювальний пристрій, 8 – регульовальна труба, 9 – оглядове скло, 10 – термопара, 11 – аналого-цифровий перетворювач, 12 – комп'ютер.

Суть методики якої полягала у впливі на зразок радіаційної панелі та його запалювання, вимірюванні температура продуктів горіння та час її досягнення, час



займання та проходження фронтом полум'я ділянок поверхні, довжину згорілої частини зразка.

У результаті проведених досліджень з визначення горючості деревини встановлено (табл. 1), що деревина відноситься до горючих матеріалів, вогнезахисний зразок деревини витримав температурний вплив і відноситься до важкогорючих матеріалів. При початковій температурі газоподібних продуктів горіння  $T=62\text{ }^{\circ}\text{C}$ , при дії радіаційної панелі на захищений зразок, температура газоподібних продуктів горіння становила  $T\leq 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Табл. 1. Час проходження фронтом полум'я контрольних точок**

Вогнезахисний зразок деревини	Температура димових газів, $^{\circ}\text{C}$		Час займання, с	Час проходження фронтом полум'я ділянок зразка, с									Час досягнення макс. темп димових газів, с	Довжина горіння зразка, мм	Індекс горючості
	$T_1$	$T_{\text{max}}$		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Необроб.	61	323	52	2	8	7	10	6	8	7	6	7	101	294	177,5
«ФАЄРВОЛ-АТТІК»	47	73	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	600	–	0
«ФАЄРВОЛ-ЛАК»	55	80	595	–	–	–	–	–	–	–	–	–	596	22	0,42
БС-13	60	86	570	396	8	9	–	–	–	–	–	–	586	62	3,42
«ФАЄРВОЛ-СВ-1»	60	89	560	380	7	9	6	–	–	–	–	–	570	84	4,11
«ФАЄРВОЛ-ВУД»	58	84	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	600	–	0

Під час випробувань зразків очерету було встановлено, що необроблений зразок зайнявся на 52 с, полум'я поширилося по всьому зразку протягом 100 с натомість, вогнезахисний зразок спучуючим покриттям зайнявся на 596 с, поширення полум'я поверхнею відбулося тільки на першу ділянку, максимальна температура димових газів становила  $114\text{ }^{\circ}\text{C}$  за час більший понад 5 разів, а індекс горючості знизився до 0,4.

Таким чином, проведені дослідження за допомогою термогравіметрії та газової хроматографії засвідчують, що механізм вогнезахисної ефективності направлений в сторону утворення на поверхні коксового шару. Наявність вогнезахисного лаку на деревині змінює процес термодеструкції, зменшує кількість горючих газів, які флегматизуються великою кількістю азоту та діоксиду вуглецю, що відповідно підтверджується результатами визначення індексу горючості.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Tsapko Yu., Tsapko A. Installation of fire fighting efficiency of processed processing solution and coverage. *East European Journal Enterprise Technologies*. Vol. 4. №10 (94). 2018. P. 62–68.
2. Tsapko Yu., Tsapko A., Bondarenko O., Sukhanevych M., Kobryn M. Research of the process of spread of fire on beams of wood of fire-protected intumescent coatings. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. TRANSBUD-2019. Vol. 708. 012112. 7 p.

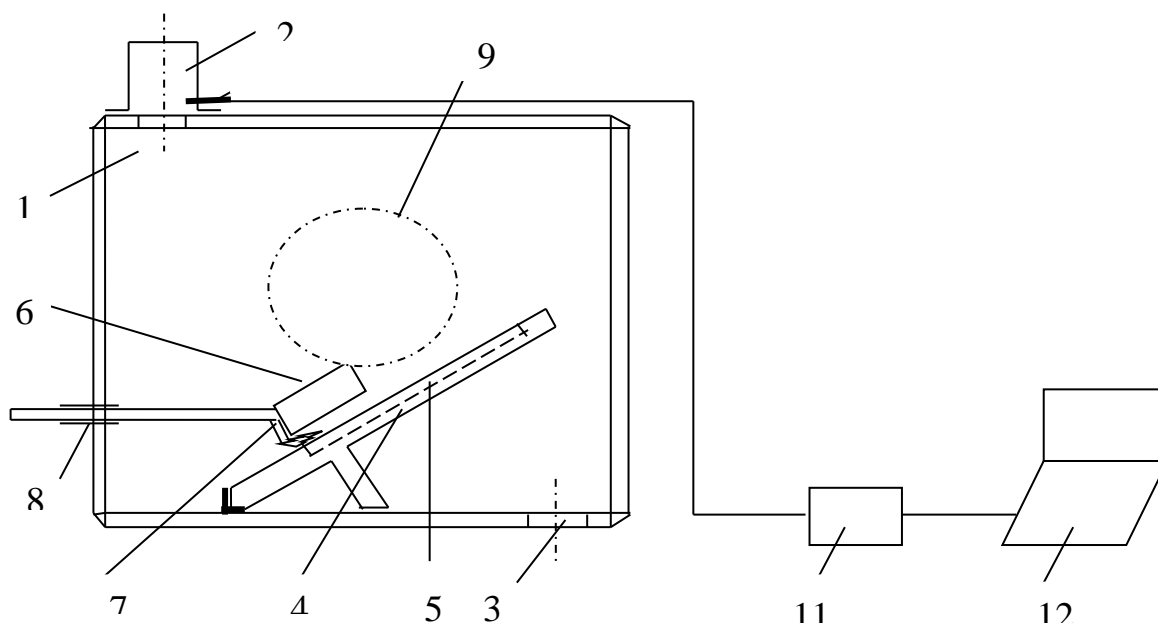
## ПОКРИТТЯ ДЛЯ ВОГНЕЗАХИСТУ КОНСТРУКЦІЙ З ТКАНИН

*Цапко Ю.В.<sup>1,2</sup>, д.т.н., професор,  
Бондаренко О.П.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Цапко О.Ю.<sup>1</sup>,  
Сарапін Ю.О.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури,  
<sup>2</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України,  
<sup>3</sup>Управління пожежної безпеки Збройних сил України

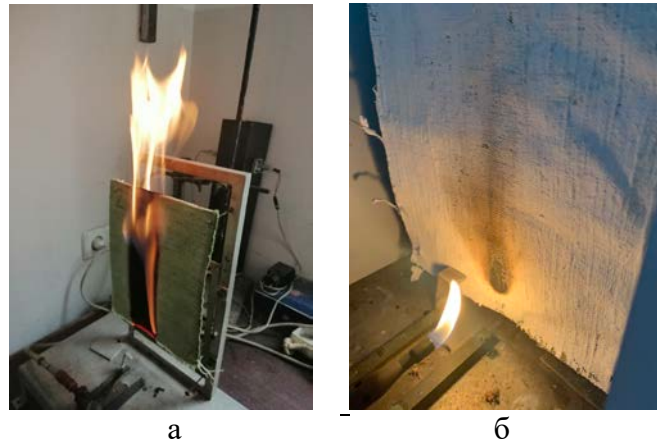
Аналіз напрямків використання конструкцій з текстильних займистих виробів, що легко зводяться, свідчить про стійку тенденцію до збільшення їх використання під час тимчасового виконання тих чи інших завдань Збройних сил України та підрозділів ДСНС. Під час опалення таких споруд можливе загоряння та швидке розповсюдження пожежі. Статистика експлуатації конструкцій, що легко зводяться, виявила низький рівень безпеки у зв'язку з використанням природних волокон (наприклад льону, бавовни та сумішей), які високочутливі до впливу високої температури та вогню.

Для встановлення ефективності захисту тканини, використовували зразки, необроблений та які оброблювали засобами, яке здатні під дією високої температури створити на поверхні піно коксовий захисний шар. На рис. 1 наведено випробувальну камеру для проведення досліджень.



**Рис. 1. Випробувальна камера для визначення параметрів займання та поширення полум'я:** 1 – випробувальна камера, 2 – витяжна труба, 3 – вентиляційний отвір, 4 – тримач зразка, 5 – зразок, 6 – радіаційна панель, 7 – запалювальний пристрій, 8 – регульовальна труба, 9 – оглядове скло, 10 – термопара, 11 – аналого-цифровий перетворювач, 12 – комп'ютер.

Суть методики якої полягала у впливі на зразок радіаційної панелі та його запалювання, вимірюванні температура продуктів горіння та час її досягнення, час займання та проходження фронтом полум'я ділянок поверхні, довжину згорілої частини зразка.



**Рис. 2. Результати досліджень з визначення займистості текстильного матеріалу: а – необроблений, б – вогнезахисний.**

У результаті проведених досліджень з визначення горючості тканини встановлено (табл. 1), що необроблений зразок текстильного матеріалу підтримує самостійне горіння понад 5 с, пошкодження зразка становить понад 200 мм.

**Табл. 1. Результати проведених досліджень з визначення займистості текстильного матеріалу**

Показник пожежовибухонебезпеки згідно з [14]	Не оброблений зразок тканини		Оброблений зразок тканини вогнезахисним покриттям	
	випробування з поверхні	випробування з краю	випробування з поверхні	випробування з краю
Тривалість залишкового полум'я, с	62	68	відсутня	відсутня
Прогорання матеріалу	прогоряє	прогоряє	не прогоряє	не прогоряє
Поширювання поверхневого спалаху більш ніж на 100 мм від точки запалювання	поширюється		не поширюється	
Середня довжина звугленої ділянки, мм	163,8	200,6	35,3	32,6
Середня маса зразків до випробувань, г	27,79	27,10	28,4	28,5
Середня маса зразків після випробувань, г	4,60	3,97	28,1	28,2

Після проведення випробування вогнезахисного зразка видно, що зразок текстильного матеріалу не підтримує самостійне горіння; пошкодження зразка не більше 40 мм. Гальмування процесу займання та розповсюдження полум'я для такого зразка пов'язане з розкладанням антипіренів під дією температури з поглинанням тепла та виділенням негорючих газів (азот, діоксид вуглецю), зміною напрямку розкладання у бік утворення негорючих газів та важкогорючого коксового залишку. Це призводить до підвищення товщини шару коксу та гальмування теплопередачі високотемпературного полум'я до матеріалу, що свідчить про можливість переходу текстильних матеріалів при обробці вогнезахисною композицією до матеріалів, що відносяться до негорючих поверхонь, що не розповсюджують полум'я.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ФАНЕРИ***Цапко Ю.В.<sup>1,2</sup>, д.т.н., професор,**Горбачова О.Ю.<sup>2</sup>,**Мазурчук С.М.<sup>2</sup>,**Бондаренко О.П.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент**<sup>1</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури,**<sup>2</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Високоякісна водостійка фанера скомбінована таким чином, що вона забезпечує кращий ступінь стійкості до води, порівняно з деревною або звичайною клеєною фанерою [1, 2]. Причина цього фенолформальдегідна смола, що використовується для склеювання шарів шпону. Використання такої синтетичної полімерної смоли допомагає зробити фанеру водостійкою. Однак це і обмежує сферу застосування фанери, так як матеріал має деяку токсичність.

Для зниження токсичності фанери запропоновано використовувати сухі порошкові суміші поліефірної смоли, оскільки її розчинення в органічних речовинах підвищує екологічну небезпеку. Крім того необхідно врахувати, що полімеризація поліефірної смоли проходить за температури понад 180 °С і як пройде процес склеювання та поведе себе деревина при цій температурі невідомо. Оскільки, основним критерієм довговічності матеріалів, у даному випадку фанери, все ж таки є її захист від руйнування у вологому середовищі. Таким чином технологія виготовлення фанери сьогодні повинна забезпечувати не тільки підвищення її експлуатаційних параметрів, а й вирішувати екологічну безпеку.

Для встановлення енергетичних характеристик матеріалів використовували зразки фанери, виготовленої на основі карбамідо-формальдегідної смоли (КФС), так і зразки у вигляді пресованої фанери, виготовленої на основі сухих сумішей поліефірної смоли. При цьому сухі суміші поліефірної смоли наносили пензлем на поверхню шпону, формували пакет необхідної товщини та поміщали у прес попередньо розігрітий до температури 200 °С. Створювали тиск на пресі 15÷20 МПа та витримували протягом 10 хвилин. Після чого фанеру діставали з преса для технологічної витримки.

Для оцінки поверхневої енергії термомодифікованої фанери та при нанесенні покриття використовували метод Фоукса, який дозволяє врахувати дисперсійні, водневі та диполь-дипольні взаємодії на міжфазній границі «тверде тіло-рідина».

Проведення випробування: на зразок за допомогою піпетки наносилася крапля покриття. Після досягнення краплею рівноважного стану були визначені її висота і діаметр за допомогою мікроскопа.

З метою встановлення ефективності покриття на межі змочування «рідина–тверде тіло» визначено крайовий кут змочування покриття на фанері, яку виготовлено на основі сухих сумішей поліефірної смоли (ПС) за температури 200 °С і часу 10 хв. (рис. 5), за температури 240 °С і часу 10 хв.

Результати визначення крайового кута змочування тестовими рідинами і визначення відповідних компонентів вільної енергії поверхні фанери наведено у табл. 1.

**Табл. 1. Крайовий кут змочування та складова вільної енергії поверхні фанери**

Фанера, яку отримано на основі	Крайовий кут змочування, $\theta$ , °		Вільна енергія поверхні, мДж/м <sup>2</sup>			Полярність
	Вода	Етиленглицоль	Загальна	Полярна	Дисперсна	
КФС	43,9	26,1	84,3	42,7	41,6	51,2
ПС за температури 200 °С і часу 10 хв.	82	63,8	34,4	9,7	24,7	28,2
ПС за температури 240 °С і часу 10 хв.	89	65,3	23,3	5,6	16,7	25,1

У результаті проведених досліджень (табл. 1) встановлено, що полярність фанери, яку отримано на основі карбамідо-формальдегідної смоли вище, ніж фанери, яку отримано на основі сухих сумішей поліефірної смоли та можна зробити висновок, що технологія пресування на основі поліефірної смоли за температури понад 200°C переводить деревину до термічно модифікованої, яка менше поглинає воду.

Окрім того, послідовності зміни полярності і співвідношення їх з основним компонентом деревиною після формування фанерної плити за високої температури, які узгоджуються зі структурними і функціональними особливостями термічно модифікованої деревини. Отримана фанера характеризується зниженою властивістю до поглинання води, оскільки, вільна поверхнева енергія знижується в 2,3 рази, а полярність у 2 рази, що пов'язано з термічною модифікацією шпону.

Таким чином, при застосуванні комплексного підходу до вивчення змочуваності, полярності, міжфазового натягу можна підібрати стабільні технології для отримання нових виробів з деревини та розширити сферу її використання.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Tsapko Yu., Horbachova O., Tsapko A., Mazurchuk S., Zavialov D., Buiskykh N. Establishing regularities in the propagation of phase transformation front during timber thermal modification. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. 1/10 (109). P. 30–36. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.2253104.
2. Tsapko Yu., Bondarenko O., Horbachova O., Mazurchuk S., Buyskikh N. Research activation energy in thermal modification of wood. *E3S Web of Conferences*. 2021. 280. 07009.



## ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕЯКИХ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ДАНИХ АЛЮМІНАТІВ БАРІЮ

*Шабанова Г.М.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,  
Миргород О.В.<sup>2</sup>, к.т.н., с.н.с., доцент,  
Пирогов О.В.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,  
Рудаков С.В.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент*

<sup>1</sup>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,

<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України

Комплексний підхід до вирішення завдань підвищення довговічності різноманітних матеріалів для будівництва атомних установок та дослідницьких реакторів, а також зниження трудовитрат на їх зведення та ремонт забезпечується вогнетривкими та жаростійкими цементами та бетонами на їх основі, що мають високі термомеханічні властивості.

Так, вивчення твердофазних процесів, що протікають у сировинних сумішах при зміні температури дозволяє судити про принципову можливість та переважну ймовірність перебігу реакцій, крім цього, дають можливість обґрунтувати основні технологічні параметри цілеспрямованого синтезу матеріалів із заданими властивостями. Для цілеспрямованого синтезу барійвмісних в'язучих матеріалів нового класу із заданими властивостями, оцінки твердофазних реакцій, що протікають в оксидних системах і включають оксид барію, а також для проведення теоретичних досліджень в багатокомпонентних системах доцільно проведення термодинамічного аналізу.

У зв'язку з тим, що в довідковій літературі відсутні термодинамічні дані для багатьох сполук, що містять барій, нами були розраховані вихідні термодинамічні константи для деяких алюмінатів барію [1].

Так, в літературі не виявлено вихідні термодинамічні константи для ряду бінарних сполук алюмінатів барію:  $\text{Ba}_4\text{Al}_2\text{O}_7$ ;  $\text{Ba}_5\text{Al}_2\text{O}_8$ ;  $\text{Ba}_7\text{Al}_2\text{O}_{10}$ ;  $\text{Ba}_8\text{Al}_2\text{O}_{11}$ ;  $\text{Ba}_{10}\text{Al}_2\text{O}_{13}$ , а також рівняння залежності теплоємності цих речовин від температури  $C_p = f(T)$ .

Графічна інтерпретація залежності теплоємності від температури представлена на рис. 1.

Як видно з представлених результатів, найбільший вигин кривих для алюмінію барію спостерігається в інтервалі температур 200–600 К. При температурах вище 600 К залежність  $C_p = f(T)$  практично має лінійний характер.

Таким чином, в результаті розрахунків отримані вихідні термодинамічні дані для алюмінатів барію, відсутні в довідковій літературі. Проте, всі термодинамічні константи, отримані у цій роботі розрахунковим шляхом, приймаються у першому наближенні. Для отримання точніших значень термодинамічних констант необхідно проведення калориметричних вимірів.

Вивчення твердофазних процесів, що протікають у сировинних сумішах при зміні температури, дозволяє судити про напрям протікання реакцій та перевагу утворення тих чи інших фаз. Із залученням термодинамічного методу аналізу проведено дослідження твердофазних реакцій у системі  $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3$  шляхом розрахунку зміни вільної енергії Гіббса від температури  $\Delta G = f(T)$ , відповідно до формул, наведених у роботі [2]:

$$\Delta G(T) = \Delta H^0 - \Delta a \cdot T \cdot \ln T - 1/2 \cdot \Delta b \cdot T^2 - 1/2 \Delta c \cdot T^{-1} + y \cdot T \quad (1)$$

де 
$$\Delta H^0 = \Delta H^0_{298} - \Delta a \cdot 298 - 1/2 \cdot \Delta b \cdot 298^2 + \Delta c (298)^{-1}, \quad (2)$$

а у визначається із формули:

$$\Delta G^0_{298} = \Delta H^0 - \Delta a \cdot 298 \cdot \ln 298 - 1/2 \cdot \Delta b \cdot 298^2 - 1/2 \Delta c (298)^{-1} \quad (3)$$

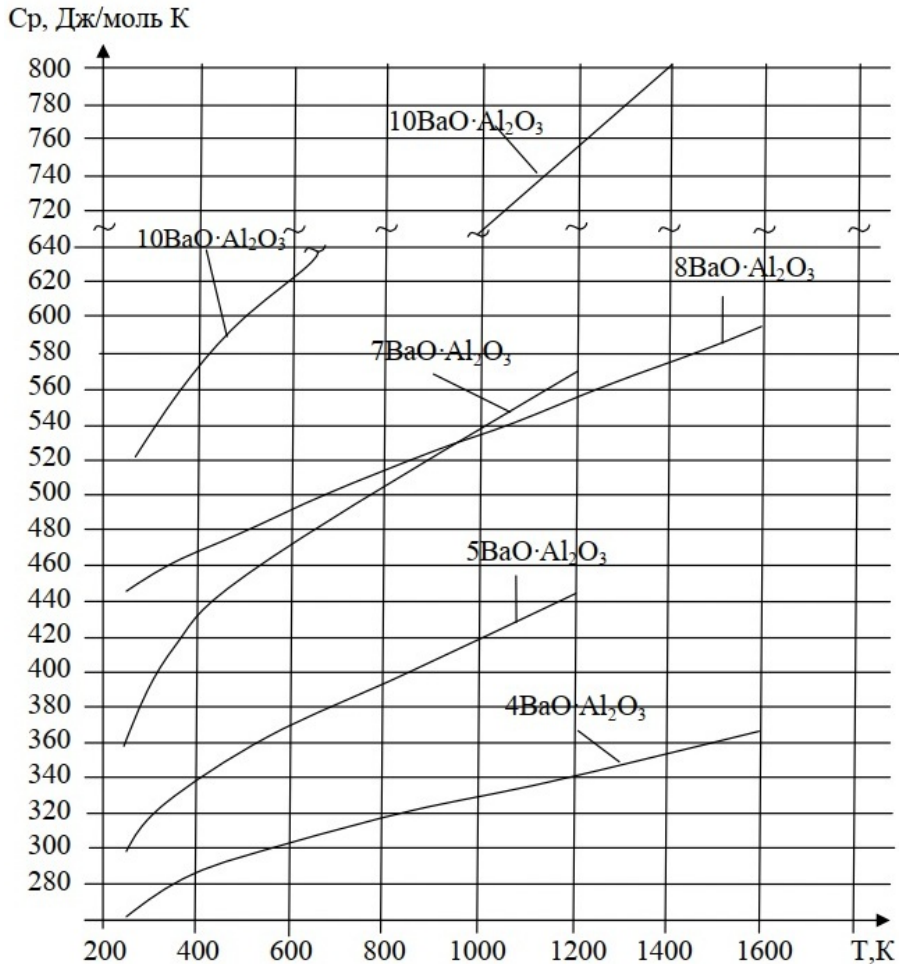


Рис. 1. Графічна залежність теплоємності від температури.

В результаті наведеного термодинамічного аналізу встановлено, що з алюмініатів барію, що нами розглядались, найбільш переважно і термодинамічно ймовірно утворення сполук  $Ba_4Al_2O_7$  і  $Ba_5Al_2O_8$ , їх синтез теоретично можливий при температурі близько 1300 К.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Shabanova I.A., Mirgorod O.V., Taranenkova V.V., Korogodskaya A.N., Deyneka V.V. Thermodynamic properties of binary and ternary compounds of CaO-BaO- $Al_2O_3$  system. *Ogneupory i Tekhnicheskaya Keramika*. Issue 1. 2005. P. 2–6.
2. Бабушкин В.И., Матвеев Г.М., Мчедлов-Петросян О.П. Термодинамика силикатов. М.: Стройиздат, 1986. 408 с.

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАХИСНОЇ ДІЇ ЕТИЛСИЛКАТНОГО ГЕЛЕВОГО ПОКРИТТЯ ПО ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛАХ В УМОВАХ СТАЛОГО АБО ДИНАМІЧНОГО ТЕПЛОВОГО ВПЛИВУ**

*Шаршанов А.Я., д.т.н., доцент,*

*Тарахно О.В., д.т.н., професор,*

*Бабасє А.М.,*

*Скородумова О.Б., д.т.н., професор*

*Національний університет цивільного захисту України*

В останні роки став активно розвиватися науковий напрям з розробки вогнестійких покриттів по текстильних матеріалах з використанням золь-гель методу. Ця технологія дозволяє створювати нові матеріали з високим ступенем однорідності на молекулярному рівні та з винятковими фізичними і хімічними властивостями, які у значній мірі відрізняються від властивостей матеріалів, отриманих традиційними шляхами.

Незважаючи на те, що цей метод використовується давно, його застосування для уповільнення загоряння текстильних виробів було розпочато зовсім недавно. Золь-гель процес може призводити до утворення наночастинок діоксиду кремнію, що генеруються *in situ*, або покриттів з діоксиду кремнію безпосередньо на поліефірних, бавовняних тканинах та їх сумішах у разі використання різних прекурсорів  $\text{SiO}_2$ . В технічній літературі наведено дослідження щодо впливу різних співвідношень TEOS/ $\text{H}_2\text{O}$  на вогнезахист бавовняних тканин. Однак у деяких працях опубліковані суперечливі дані про вплив золь-гель процесу на підвищення вогнестійкості тканин різної природи. Наприклад, було виявлено, що золь-гель обробка діє вибірково на різні волокна у тканинах: вогнестійкість поліефіру не покращується, а у сумішевих тканинах, що містять 35 мас.% бавовни, встановлено помітне збільшення часу до спалаху.

Найбільший успіх мають комплексні органо-неорганічні композиції, що містять, крім складних органічних сполук, неорганічні солі, здатні розкладатися з ендотермічним ефектом або виділяти під час нагрівання газу. Найбільш широко використовується у якості неорганічного компонента діамоній гідрофосфат. Є достатня кількість публікацій, в яких обговорюється вплив кількості та концентрації діамоній гідрофосфату у комплексних антипіренових композиціях. Відзначається, що його дія є найбільш ефективною при вмісті не більше 15–20 %.

Однак практично немає відомостей про вплив умов проведення золь-гель процесу у разі закріплення захисного покриття на волокнах тканини на такі властивості текстильних матеріалів як еластичність і збереження товарного вигляду.

Основними недоліками таких технологій є тривалість процесу і складна будова синтетичних компонентів суміші, які піддаються гелюванню. У технічній літературі немає відомостей про застосування у якості просочувальних композицій попередньо одержаних гідролізатів кремнійорганічних сполук.

З огляду на відомості про вплив галогенованих антипіренів на екологічну обстановку у світі й здоров'я людей, представляється перспективним розробити новий підхід до модифікації тканин, який дозволив би у разі використання традиційного золь-гель процесу і найпростіших нешкідливих антипіренів захистити тканини від дії вогню, підвищити їх вогнестійкість при збереженні їх природної еластичності і зовнішнього вигляду.

Авторами даних досліджень в попередніх роботах було встановлено, що використання етилсилікатних золів, одержаних в умовах перемінного рН дозволяє значно підвищити вогнестійкість просочених зразків бавовняних та сумішевих тканин. Гідролізати

технічних етилсилікатів наносили на тканини ванним методом, після чого закріплювали покриття на тканині термоударом в сушильній шафі при 60–80 °С. Після сушіння на просочені зразки розпилюванням наносили розчин діамоній гідрофосфату та піддавали термоудару. Проведення вогневих досліджень показало, що просочені зразки не спалахують, а поступово і повільно обуглюються. У порівнянні з необробленою тканиною час початку руйнування просочених зразків тканини під дією вогню (час появи тріщини в покритті) збільшувався з 30 с до 10 хв відповідно. Цікаво, що зразки не втрачали своєї еластичності. Зафіксовано значне зниження токсичних газів що утворюються під час термодеструкції покриттів.

В технічній літературі, в основному, приділено увагу математичному опису змінення середньо-об'ємної температури газового середовища в приміщеннях, в яких виникла пожежа, процесів розвитку пожежі в будівлях, оперативного прогнозування пожежі, розробці методу виявлення довільних небезпечних забруднюючих речовин в атмосферному повітрі на основі структурної функції поточних концентрацій забруднюючих речовин.

Недостатність теоретичних і експериментальних досліджень передбачає визначення завдання цього дослідження: на основі законів тепло- і масообміну побудувати математичну модель захисної дії гелевого покриття, що за умов максимально можливої простоти і мінімальної штучності враховує основні процеси, які протікають у системі «волокно – захисне покриття – навколишнє середовище», і у рамках єдиного підходу описує викликані нагріванням від зовнішнього теплового потоку процеси теплопереносу, термічного розкладання, випаровування й винесення маси, а також розробити алгоритми та програмне забезпечення щодо комп'ютерного моделювання захисної дії такого покриття у умовах сталого або динамічного теплового впливу.

Досліджено вплив процесу утворення вогнезахисного покриття по текстильних матеріалах на ступінь вогнезахисту бавовняних та сумішевих тканин. Проаналізовано фізико-хімічні властивості просочених зразків текстильних матеріалів в залежності від складу гідролізатів етилсилікату, концентрації та вмісту діамоній гідрофосфату на вогнестійкість просочених зразків, час початку руйнування та площу обуглення зразків після вогневих випробувань.

Одержані експериментальні дані показали необхідність на основі законів тепло- і масообміну побудувати математичну модель захисної дії гелевого покриття, що за умов максимально можливої простоти і мінімальної штучності враховує основні процеси, які протікають у системі «волокно – захисне покриття – навколишнє середовище», і у рамках єдиного підходу описує викликані нагріванням від зовнішнього теплового потоку процеси теплопереносу, термічного розкладання, випаровування й винесення маси, а також розробити алгоритми та програмне забезпечення щодо комп'ютерного моделювання захисної дії такого покриття в умовах сталого або динамічного теплового впливу.

Розроблено математичну модель вогнезахисної дії кремнійорганічного покриття по целюлозовмісному волокну ниток тканини, що забезпечує отримання прогнозних оцінок параметрів пожежної безпеки текстильних матеріалів, виходячи з рівня теплового впливу на поверхню захищеного матеріалу.

## ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ВОЛОГОСТІ СЕРЕДОВИЩА, ДЕ ВІДБУВАЄТЬСЯ ТВЕРДІННЯ БЕТОНУ, НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОДОЗ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН

*Шишкіна О.О. к.т.н., доцент,  
Шишкін О.О. д.т.н., професор  
Криворізький національний університет*

Питання отримання бетонів значної міцності є важливішою проблемою сучасного бетоноведення, яка впливає із потреби зведення будівель і споруд значної висоти при забезпеченні певної довговічності бетону.

Одним із сучасних методів керування структурою бетону з метою підвищення його міцності є використання поверхнево-активних речовин, зокрема [1–3] та багато інших. В розвиток означених методів запропоновано нову концепцію розвитку будівельного матеріалознавства, яка передбачає спрямоване формування структури бетону, що ініціюється використанням молекул поверхнево-активних речовин застосованих у надмалих дозах [3, 4]. Згідно до цієї концепції, зокрема, вміст поверхнево-активної речовини в кількості 0,0004-0,0006 % від маси цементу забезпечує підвищення швидкості формування та величини міцності бетону у 1,5...2 рази.

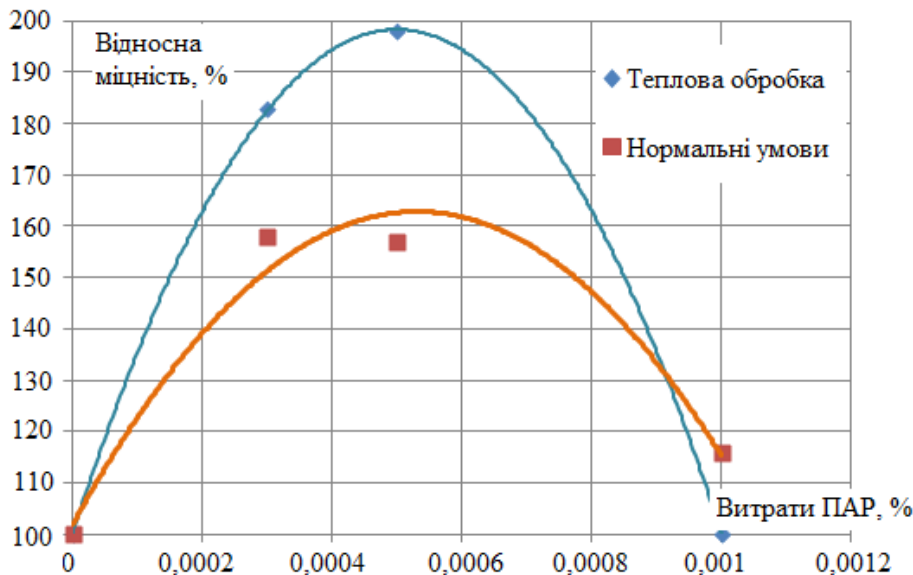
При зведенні монолітних конструкцій на будівельному майданчику, або отриманні збірних будівельних конструкцій бетон твердіє в умовах впливу зовнішнього середовища. Зниження вологості повітря викликає випаровування води з поверхні відформованої бетонної конструкції, що призводить до появи усадкових тріщин за рахунок зневоднення бетону, припинення набору міцності в умовах дефіциту води та формування дефектної, водопроникної структури. Тому бетон рекомендується витримати у вологому стані за нормальних умов, тобто температурі  $(293 \pm 3) \text{K}$  і вологості  $(95 \pm 5) \%$  не менше 7 діб після бетонування, а за високих температур твердіння до досягнення 50–70 % проектної міцності [5].

Зважаючи на поліфункціональну дію поверхнево-активних речовин (ПАР), актуальним слід вважати виконання досліджень, які спрямовані на подальше удосконалення і розвиток технології бетонів в залежності від температурно-вологісних умов його використання при використанні поверхнево-активних речовин.

Дослідженнями системи «портландцемент – вода – поверхнево-активні речовини» [1, 2] встановлено, що швидкість утворення тих чи інших гідратних фаз визначається мінералогічним складом цементу та видом ПАР. Однак слід зазначити, що в даних роботах не наведені термодинамічні умови формування гідратних фаз. Це означає, що не визначено, як саме протікає процес за умов підвищених температур.

Метою досліджень є визначення впливу температури та вологості середовища де відбувається твердіння бетону на ефективність застосування поверхнево-активних речовин в надмалих дозах. Це дасть можливість підвищити якість бетонів, які твердіють в умовах середовища, яке має підвищену температуру та вологість. Для досягнення поставленої мети вирішувалася наступна задача: встановити вплив величини надмалих доз поверхнево-активних речовин на міцність цементного каменю та бетону, які твердіють при підвищеній температурі та вологості навколишнього середовища.

При проведенні експерименту теплова обробка бетону при підвищеній температурі (353 K) і вологості (90 %) підвищує міцність бетону (рис. 1).



**Рис. 1.** Вплив умов твердіння на величину міцності при стиску бетону, який містить поверхнево-активні речовини (гліцерин) в надмалих дозах.

Аналогічні результати отримано при твердінні бетону, що містить ПАР у надмалих дозах, при температурі середовища від 283 К до 303 К і відносній вологості середовища від 80 % до 95 %.

Таким чином, створення температурно-вологісного режиму, що характеризується температурою 283...303 К та відносною вологістю 50...90 %, забезпечує підвищення міцності бетону при застосуванні ПАР в надмалих дозах більше ніж при твердінні такого бетону в умовах дії звичайних температур (293–303 К) та вологості (60–70 %), тобто підвищує ефективність застосування ПАР в надмалих дозах.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Plugin A. et al. Nanomodified cement composites for thin walled architectural structures. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2020. 907. 012030.
2. Pushkarova K. Sukhanevych M., Marsikh A. Using of untreated carbon nanotubes in cement composition. *Materials Science Forum*. 2016. 865. P. 6–11.
3. Shishkina A. Shishkin A. Study of the effect of micellar catalysis on the strength of alkaline reactive powder concrete. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. 3/6 (93). P. 46–51
4. Shishkina A., Shishkin A. Application of the easy concentration effect in concrete technology. Innovative Technology in Architecture and Design ITAD. 2020. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2020. 907. 012038.
5. Миронов С.А., Малинина Л.А. Ускорение твердения бетона. М.: Стройиздат. 1964. 347 с.



**DESIGN AND RESEARCH OF BITUMINOUS COMPOSITIONS MODIFIED BY RUBBER BRITTLE WASTE**

*A. Cherkashina, PhD, Associate Professor,*

*I. Lavrova, PhD, Associate Professor,*

*V. Lebedev, PhD, Associate Professor,*

*T. Tykhomyrova, PhD, Associate Professor*

*National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»*

Petroleum bitumen's are widely used in road and civil construction due to high ductility, ability to maintain without destruction the effects of low temperatures, temperature changes, various deformation loads. The most common raw materials for the production of bitumen are oil residues. But in recent years there have been significant changes in the chemical composition of oil, such as oil burdens, increasing the content of hard paraffins. And this significantly affects the instability of the quality of raw materials for the production of bitumen and limits the possibility of obtaining bitumen with certain physico-chemical characteristics [1]. A perspective process that will improve the quality of petroleum bitumen is modification. The bitumen modification process is a process of improving the properties of bitumen by combining bitumen with special additives. To date, there is already experience abroad in the use of composite materials based on bitumen and a number of modifiers: rubber (polybutadiene, natural, butyl rubber, chloroprene, etc.), organo-manganese compounds, thermoplastic polymers (polyethylene, polypropylene, polypropylene vinyl acetate, polyurethane, olefin copolymers), as well as block copolymers of styrene butadiene-styrene. One of the effective ways to improve the performance of pavements is the modification of bitumen with polymer additives that have the ability to expand the temperature range of their work, improve durability and crack resistance [2]. Unlike expensive polymer thermoelastoplastic modifiers, rubber crumb, which is a product of processing worn tires, has a cheaper cost, which allows you to create an economical way to modify road binders [3].

The expediency of this direction of application can be explained not only by the possibility of reusing specific properties (primarily - elasticity) of rubbers that are part of rubber, but also the desire to dispose of large enough waste from recycling used tires [4]. But today there is practically no research on the use of rubber crumb waste to improve the complex of physico-chemical and operational characteristics of road bitumen.

The aim of the research is to create a bituminous-rubber composition with an increased complex of thermo-physical and physico-mechanical characteristics.

The objects of study were:

- The raw material is BND 60/90 – petroleum bitumen with an flash point in an open crucible of 260 °C, a softening temperature of 48 °C.
- Wastes of rubber crumb fraction 2,5–4,5 mm and rubber powder in the form of screening of rubber tire crumb fraction 0,5–0,63;

Analysis of the experimental results showed that the studied quality indicators of the samples of compositions, which include waste rubber powder have an increased complex, both thermo-physical and physico-mechanical characteristics. This is obviously due to the fact that as a result of thermal destruction of rubber powder, the swelling process is faster compared to rubber crumbs with a size of 2,5–4,5 mm. However, the process of destruction and dispersion in both cases is, of course, not complete, and in the volume of swollen rubber particles are resins and polyaromatic components that affect the values of both thermo-physical and physico-mechanical characteristics.

The technological, strength and operational properties complex of the designed bituminous-resin composition is influenced by the technological process of its production and its composition. The optimal composition was assessed by the magnitude of impact strength (a, MPa) and shrinkage (X, %). It is established that the optimal composition for creating effective bituminous-rubber compositions with an increased complex of thermo-physical and physico-mechanical characteristics – 40 % by mass of rubber powder and 5 % by mass of taurite – table 1.

**Table 1. Physico-mechanical properties of bitumen-polymer compositions**

№ compositions	The composition, wt.p.	a, MPa	X, %
1	Petroleum bitumen	4,0	0,22–0,25
2	Rubber crumb waste - 20 Taurite - 5	6,5	0,17–0,19
3	Rubber crumb waste - 30 Taurite - 5	8,5	0,16–0,18
4	Rubber crumb waste - 40 Taurite - 5	10,0	0,12–0,14
5	Rubber crumb powder- 20 Taurite - 5	7,5	0,14–0,17
6	Rubber crumb powder - 30 Taurite - 5	10,5	0,12–0,15
7	Rubber crumb powder- 40 Taurite - 5	12,0	0,10–0,12

Table 1 shows that the bitumen-polymer compositions № 4 and № 7 have high performance physico-mechanical properties.

Thus, researches on the improvement of the complex properties of petroleum bitumen's by modifying them with polymeric elastomers in the form of rubber waste are presented. The effect of bitumen modification with waste rubber crumb and powder in combination with the addition of taurite on the melting temperature, the degree of crosslinking, toughness and heat resistance of the compositions was studied. The optimal composition of bituminous-rubber compositions modified with taurite with high thermo-physical and physico-mechanical characteristics was determined – 40 % by mass of rubber powder and 5 % by mass of taurite.

#### REFERENCES

1. Abdullin A.I., Emelyanycheva E.A. A study of properties of road Petroleum bitumen modified with polymer additives. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*. 2018. № 53(3). P. 422–429.
2. Jamal M., Martinez-Arguelles G., Giustozzi F. Effect of waste tyre rubber size on physical, rheological and UV resistance of high-content rubber-modified bitumen. *Construction and Building Materials*. 2021. № 304. 124638.
3. Nizamuddin S.; Boom Y.J.; Giustozzi F. Sustainable Polymers from Recycled Waste Plastics and Their Virgin Counterparts as Bitumen Modifiers: A Comprehensive Review. *Polymers*. 2021. Vol. 13. 3242.
4. Marini S., Lanotte M. Waste Rubber from End-of-Life Tires in 'Lean' Asphalt Mixtures-A Laboratory and Field Investigation in the Arid Climate Region. *Polymers*. 2021. Vol. 13(21). 3802.

UDC 678.01

**RESEARCH OF HYBRID MODIFICATION OF ECO-FRIENDLY POLYMERS BY HUMIC SUBSTANCES**

*V. Lebedev, PhD, Associate Professor,  
D. Miroshnichenko, Doctor of Technical Sciences, Professor,  
D. Bilets, PhD, Associate Professor,  
T. Tykhomyrova, PhD, Associate Professor,  
V. Mysiak  
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»*

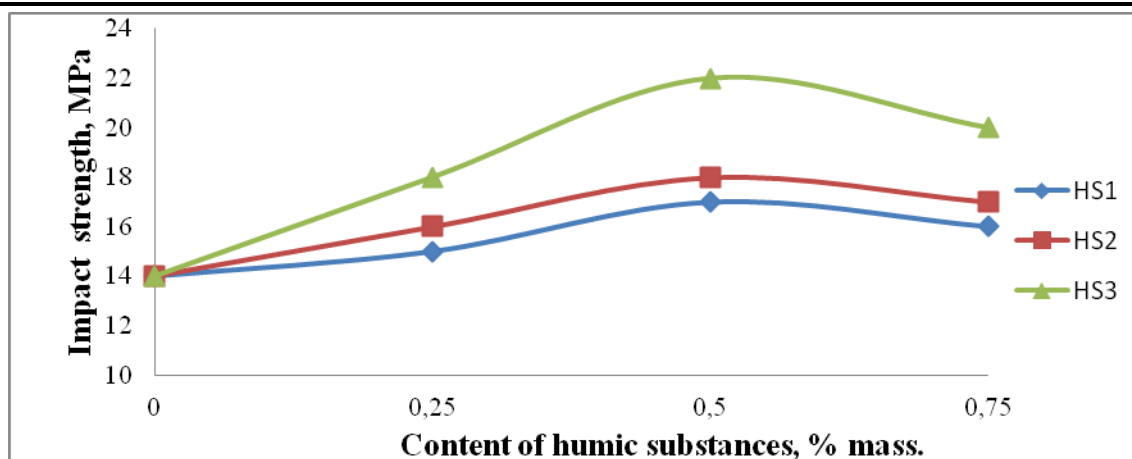
Currently, the most relevant trend in the polymer industry is to obtain materials that would combine a high level of performance with the ability to biodegrade in natural conditions without the formation of environmentally hazardous substances [1]. Such bioplastics include, for example, poly lactic acid or polylactide, a product of bacterial biotechnological synthesis from food waste of corn, wheat and other starchy agricultural wastes. polylactide is widely used in the field of packaging as a special product.

Many branded companies use polylactide and its compositions to package their products. Highly effective brands of polylactide can be used as an alternative to polyethylene, polypropylene, polystyrene and ABS plastics. Such brands can be used even in very responsible areas of mechanical engineering and instrument making. Among the wide range of modern environmentally friendly biodegradable polymeric materials and compositions, considerable attention to increase the performance and strength properties of polylactide is caused by its modification with humic substances and their derivatives - humic and fulvic acids. Such modifications of polylactide are of interest because of their potential for use as biomedical frameworks or packaging materials for food sensitive to oxidation.

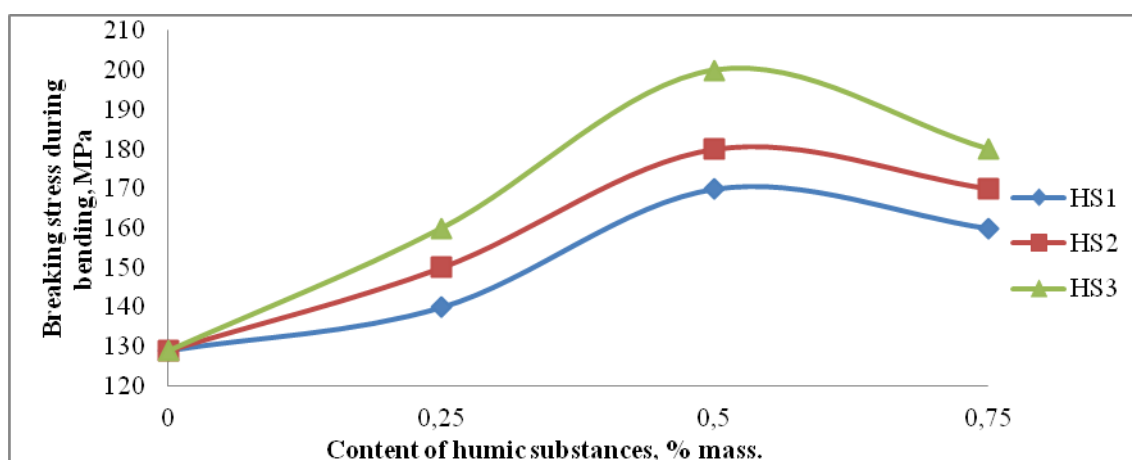
In general, the direction of application of humic substances and their derivatives to obtain high-strength hybrid polylactide polymers looks the most promising in terms of their specific impact on the processes of structure formation and complex properties in this biodegradable polymer [2, 3].

The purpose of the study is to investigate a hybrid modification of eco-friendly polylactide polymers with humic substances.

Initially, the nature of the mechanism of hybrid modification of polylactide- humic substances systems was studied, which indicate an intermolecular relationship between polylactide and humic substances in their hybrid modification. It should be noted that the method of DSC-analysis showed that the hybrid modification of humic substances reduces the crystallinity of polylactide. It was found that the mechanism of hybrid modification in the matrix synthesis of polylactide-humic substances indicates an intermolecular bond between polylactide and humic substances, at the same time, due to increased crystallization and the emergence of intermolecular and ester bonds in the formation of more rigid network structure in the system of polylactide-humic substances is increasing the mechanical properties of such materials, with the optimal content of humic substances is 0,5 wt. - fig. 1–2.



**Fig. 1. Graphic exposure of the impact strength of polylactide- humic substances systems in combination with different types of humic substances.**



**Fig. 2. Graphic exposure of the breaking stress during bending of polylactide- humic substances systems in combination with different types of humic substances.**

It is also shown that the surface of the PLA has a character close to neutral with weakly basic strength of active centers  $pK_a \approx 7,09-7,37$ , and the surface of GR has a general strongly acidic character with active centers  $pK_a \approx 2,30-2,67$ .

## REFERENCES

1. Nilsen-Nygaard J., Noriega Fernández E., Radusin T., Rotabakk B.T., Sarfaz J., Sharmin N., Sivertsvik M., Sone I., Petersen M.K. Current status of biobased and biodegradable food packaging materials: Impact on food quality and effect of innovative processing technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2021. Vol. 20. P. 1333–1380.
2. Lebedev V., Miroshnichenko D., Xiaobin Z., Pyshyev S., Savchenko D. Technological Properties of Polymers Obtained from Humic Acids of Ukrainian Lignite. *Petroleum and Coal*. 2021. Vol. 63(3). P. 646–654.
3. Lebedev V., Miroshnichenko D., Xiaobin Z., Pyshyev S., Savchenko D. Nikolaichuk Y. Use of Humic Acids from Low-Grade Metamorphism Coal for the Modification of Biofilms Based on Polyvinyl Alcohol. *Petroleum and Coal*. 2021. Vol. 63(4). P. 953–962.

**СЕКЦІЯ 5****ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ**

УДК 614.841

**ПРОФІЛАКТИКА ПОЖЕЖ В ЕКОСИСТЕМАХ***Безугла Ю.С., к.т.н., доцент**Національний університет цивільного захисту України*

Збереження стійких, добре функціонуючих екосистем має бути метою всіх програм управління пожежами. У багатьох випадках увага приділяється збиткам та руйнуванням внаслідок пожеж, а не лежачих в основі екологічних чи соціальних причин.

Екосистеми еволюціонували з часом при різних пожежних режимах. Деякі пожежозалежні, здорові, стійкі екосистеми зазнають високоінтенсивних пожеж, що швидко переміщуються, які, однак, можуть завдати істотних збитків структурам і ресурсам. Такі ж типи пожеж можуть траплятися в пожежочутливих екосистемах та завдавати величезної шкоди, і важливо зрозуміти відмінності та зосередити зусилля щодо відновлення на досягненні здорового балансу між здоров'ям екосистем та безпекою населення. Цей тип екосистемного управління вимагає підходу до планування, управління та відновлення екосистем на ландшафтному рівні, а не простого зосередження на дрібномасштабних впливах пожеж на окремі ділянки.

Широкий підхід збалансує вплив і втрати як економічні, так і неекономічні. Такі втрати в екосистемах може бути важко визначити кількісно, але вони повинні бути визнані та розглядатися у відповідному масштабі. Немає єдиного типу або повторюваності пожежі, яка б підходила для всіх екосистем або ландшафтів.

Системи показників пожежної небезпеки з давніх-давен використовуються для визначення рівня пожежної небезпеки та раннього попередження про ймовірність серйозних пожеж. Ці системи використовують щоденні базові метеорологічні дані для розрахунку ймовірності виникнення пожеж на природних територіях. За допомогою прогнозів раннє попередження можна отримати задовго до помітної пожежі.

Локальна інформація раннього попередження може бути кориснішою, оскільки вона відображає характеристики місцевої погоди та стан рослинності. Активне включення місцевих громад до збору інформації про пожежі та погоду та розповсюдження попереджень створить причетність та збільшить відповідальність місцевих громад, а також ефективність роботи системи раннього попередження.

Органи управління лісами та землями, землевласники та громади отримують користь від системи раннього попередження у тому, що наперед визначаються періоди екстремальної пожежної небезпеки. Таке раннє попередження, особливо якщо воно має високу тимчасову та просторову роздільну здатність, включаючи оцінку ступеня невизначеності та ймовірності екстремальних умов, дозволяє керівникам гасіння пожеж здійснювати плани профілактики, виявлення пожеж та підготовки до них до того, як виникнуть проблеми з пожежами.

Стратегічні дії щодо систем показників пожежної небезпеки та раннього попередження включають:

- організаціям слід створити систему показників пожежної небезпеки або адаптувати існуючу систему до місцевого довкілля з урахуванням даних про земний покрив, рослинність та щоденні метеорологічні інформаційні зведення;

- регіонам слід встановити національну або регіональну систему раннього попередження, використовуючи існуючі або демонстраційні досягнення науки та техніки та засновані на місцевій системі показників пожежної небезпеки;

- слід розробити інформаційну мережу, щоб швидко забезпечити надійне раннє попередження місцевої влади, землевласників та громади про пожежну небезпеку та скористатися існуючими мережами, що об'єднують громади.

Моніторинг та оцінка відіграють важливу роль на кількох рівнях. Моніторинг впливу як пожеж, так і пожежогасіння необхідний для досягнення балансу між припиненням пожежі та захистом природного ресурсу. Моніторинг ефективності роботи пожежної організації допоможе керівникам визначити, чи програма працює.

Моніторинг та оцінка ефективності програми профілактики може скоротити частоту виникнення пожеж певного типу та витрати на гасіння пожеж. Стратегічні дії при моніторингу та оцінці включають, але не обмежуються наступним:

- повинен виконуватися комплексний план моніторингу та оцінки всіх аспектів програми управління пожежами;

- з метою зниження ризику для пожежників та населення слід здійснювати програму забезпечення безпеки, включаючи звіти про результати аналізу причин нещасних випадків та аналіз вилучених уроків, а також проведення контролю за її реалізацією;

- інформацію та дані, які отримують з програми профілактики пожеж, слід використовувати для створення системи моніторингу, яка показує ефективність зусиль щодо профілактики пожеж;

- слід здійснювати програму моніторингу екологічних наслідків пожеж та використання методів пожежогасіння. Ця програма повинна включати співпрацю з університетами, науковими організаціями та місцевими громадами.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Правила пожежної безпеки в лісах України. Затверджено наказом Держкомлісгоспу України 27.12.2004. № 278. 18 с.
2. Зібцев С. В. Лісотипологічні аспекти радіоекологічного моніторингу лісів. *Науковий вісник НАУ*. К.: Урожай. 2003. Вип. 61. С. 93–102.
3. Зібцев С.В. Стан охорони лісів від пожеж в Україні та головні напрямки його покращення. *Наук. вісник НАУ: Зб. наук. праць*. 2000. Вип. 25. С. 319–328.
4. Буц Ю.В. Динаміка ландшафтних пожеж в Україні та екологоекономічні наслідки їх виникнення. *Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки*. 2013. Т. 18, Вип. 2(18). С. 111–117
5. Nwuche C.O., and Ugoji E.O. Effects of heavy metal pollution on the soil microbial activity. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 2008. 5. P. 409–414.
6. Barbosa J.S., Cabral T.M., Ferreira D.N., Agnez-Lima L.F., and De Medeiros S.B. (Genotoxicity assessment in aquatic environment impacted by the presence of heavy metals. *Ecotoxicol. Environ.Saf.* 2010. 73. P. 320–325.



## АНАЛІЗ ТРАВМАТИЗМУ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ АВАРІЙНО-ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ РОБІТ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ВОДОПРОВІДНО-КАНАЛІЗАЦІЙНОГО ГОСПОДАРСТВА

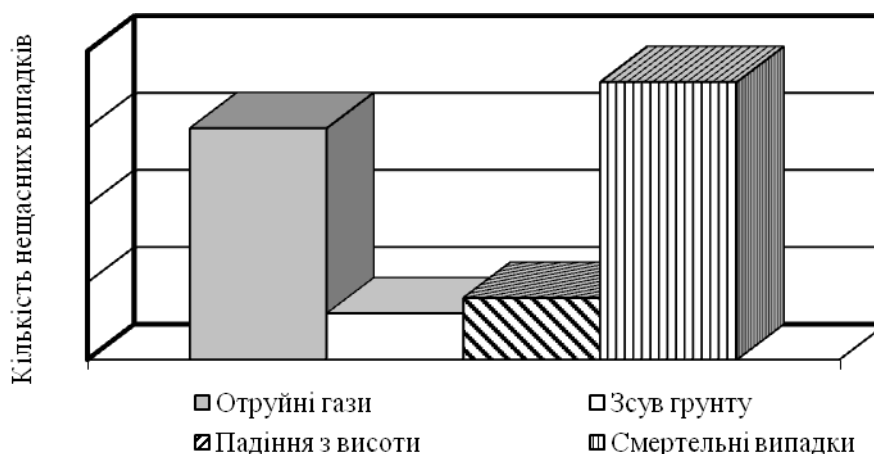
*Бригада О.В., к.т.н., доцент*

*Національний університет цивільного захисту України*

Експлуатація мереж водовідведення пов'язана з багатьма групами небезпечних факторів, що впливають на працівників підприємств водопровідно-каналізаційного господарства під час виконання ними ремонтних або експлуатаційних робіт на цих спорудах та навіть можуть призвести до нещасних випадків. До таких факторів відносяться [1]: отруєння газами (сірководень, метан, аміак та ін.), нестача кисню; можливість падіння до колектора та отримання травм; обвалення ґрунту під час виконання земляних робіт тощо.

Щороку із настанням весняно-літнього періоду в Україні та світі відбувається різке зростання рівня виробничого травматизму, у тому числі зі смертельними наслідками, на підприємствах водопровідно-каналізаційного господарства під час виконання робіт підвищеної небезпеки у колодязях, замкненому просторі та інших спорудах водопровідно-каналізаційного господарства. Велика частина таких нещасних випадків, які фіксуються Фондом соціального страхування України, – групові, а аналіз обставин їх настання засвідчує, що головними причинами отруєння є невикористання або відсутність засобів індивідуального захисту, запобіжного та захисного інвентаря; незадовільний стан вентиляційних систем у каналізаційних насосних станціях; допуск до виконання роботи працівників без проведення відповідного навчання з питань охорони праці, без оформлення наряду-допуску; грубі порушення вимог безпеки праці.

За даними Державної служби України з питань праці в 2021 р. в Україні сталося 16 нещасних випадків на спорудах водопровідно-каналізаційного господарства (рис. 1) [2].



**Рис. 1.** Основні причини нещасних випадків під час проведення аварійно-відновлювальних робіт на спорудах водопровідно-каналізаційного господарства України (2021 р.).

Як видно з наведених даних, більшість нещасних випадків (68 %) спричинено отруєнням працівників так званими «каналізаційними газами». Випадки отруєння токсичними газами в каналізації часто призводять до множинних смертей, оскільки у подібних випадках співробітники інстинктивно намагаються найшвидше допомогти ко-

лезі й таким чином також гинуть через отруєння. Працівники водопровідно-каналізаційного господарства часом не усвідомлюють небезпеки, яка загрожує від впливу отруйних газів, – працюють без засобів індивідуального захисту або поспішають на допомогу постраждалим також без засобів індивідуального захисту, і події із загибеллю людей найчастіше набувають групового характеру.

Крім того, більша частина нещасних випадків на спорудах водопровідно-каналізаційного господарства припадає на період із травня по жовтень, а найменше число – на зимовий період. Це пояснюється тим, що більшість ремонтних, налагоджувальних, очисних та інших видів робіт проводиться в теплу пору року. У літню пору різко підвищується температура навколишнього середовища та спостерігається більш інтенсивне утворення та виділення отруйних газів. У 2021 р. кількість нещасних випадків в теплу пору року (травень-вересень) становила 81 %.

Найбільша частина всіх нещасних випадків на спорудах водопровідно-каналізаційного господарства зі смертельними наслідками обумовлена типовими причинами організаційного характеру:

- незабезпечення працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ);
- порушення потерпілими працівниками вимог нормативно-правових актів з охорони праці;
- незадовільним утриманням і недоліками в організації робочих місць;
- недоліками в навчанні та інструктажі з охорони праці постраждалих;
- невиконанням керівниками і спеціалістами обов'язків з охорони праці тощо.

Саме тому організаційні заходи є першочерговими у профілактиці нещасних випадків на мережах водовідведення. До них відносяться:

- встановлення та конкретизація прав, функціональних обов'язків і відповідальності всіх працівників;
- регламентація діяльності працівників інструкціями;
- належна підготовка робочих місць і забезпечення ЗІЗ.

Роботи, пов'язані зі спуском працівників у каналізаційні колодязі та камери, небезпечні й вимагають обережності та точного виконання вимог охорони праці. З метою недопущення загибелі працівників і зниження травматизму слід комплексно задіяти технічні та організаційні заходи, що забезпечують безпеку праці під час виконання оглядів і обслуговування системи каналізації.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14#Text>.
2. Державна служба України з питань праці. Офіційний сайт. URL: <https://dsp.gov.ua/category/diyalnist/travmatyzm-statystyka-prychyny/>.

## ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ МИЮЧИХ РОЗЧИНІВ ПІСЛЯ МИТТЯ АВТОМОБІЛІВ ДЛЯ ПРИЙМАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ

*Букаренко Н.О., к.т.н., доцент,*

*Зінченко М.Г., к.т.н., професор,*

*Єршова Н.Ю., д.е.н., професор*

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

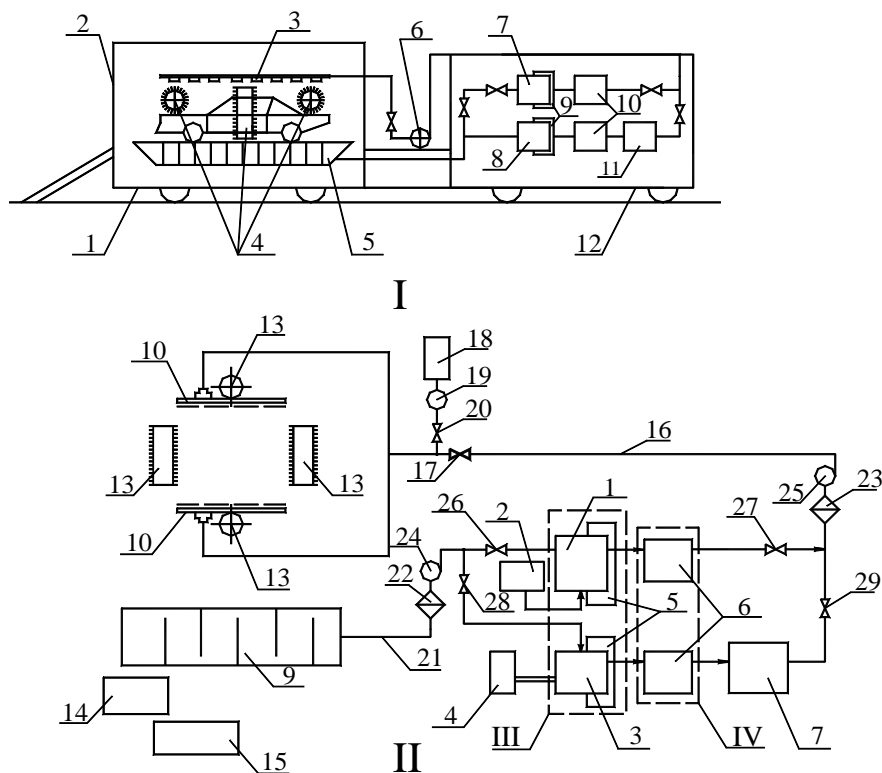
Стічні води автомийки є значним джерелом забруднення навколишнього середовища через різноманітність та високу концентрацію забруднюючих речовин, що містяться в них. Ці токсичні стічні води містять важкі метали, які можуть потрапити в поверхневі та підземні води. [1]. Інноваційні рішення, такі як технологія очищення миючих розчинів після миття автомобілів з оборотним використанням води можуть забезпечити екологічно безпечний процес, який є одночасно ефективним і доступним.

Існуючі мийки автомобілів з великою і нераціональною витратою води, недосконалими системами очищення (а іноді і їх повною відсутністю), недосконалим та неекономічним технологічним обладнанням вже не можуть задовольняти сучасним вимогам. Крім того, стаціонарні мийки, здатні здійснити процес миття і сушіння автотранспорту за один прохід, не можуть бути наближені до місць скупчення автотранспорту, а мобільні, що володіють можливістю використання їх у польових умовах, за сукупністю виконуваних операцій характеризуються малою продуктивністю, вимагають великої кількості габаритного обладнання та складні в експлуатації.

Беручи до уваги, що автотранспорт здійснює поїздки по різних районах і на поверхні його коліс і кузова можуть знаходитися всілякі види забруднень, у тому числі високотоксичного характеру, необхідно, щоб система очищення миючих розчинів забезпечувала високу сорбційну здатність і мала знешкоджуючі якості. Крім того, необхідні мийки автомобілів для санітарно-захисних зон курортних районів та заповідних зон, районів з особливим епідеміологічним режимом функціонування (Пташиний грип, Сибірська виразка та інші хвороби тварин), автокемпінгів, окремих автостоянок, для миття автомобілів за несприятливих умов перед в'їздом у великі промислові міста. В окремих випадках виникає необхідність використання мийок автомобілів у польових умовах без наявності свіжої води та каналізації [2].

Виходячи з вищенаведених вимог, розроблена пересувна установка для миття та сушіння автомобілів з регенерацією миючих розчинів, зображена на рис.1 (I – загальний вигляд; II – принципова схема) [3].

Установка включає: флотатор 1, оснащений компресором 2; електрокоагулятор 3 з випрямлячем електричного струму 4; пінозбірники 5, поличними відстійники 6, бак – накопичувач 7, встановлені на шасі 8. Піддон 9 і душуючий колектор 10, встановлені на шасі 11, забезпечені тентом або каркасом 12 і роторними щітками 13 на поворотних консолях, що приводяться в дію від електродвигуна 14 з пульта 15 управління роботою установки. До душуючого колектора 10 приєднаний трубопровід очищеної води 16, із запірним краном 17. На його відгалуженні розміщений калорифер 18 з вентилятором 19 і засувкою 20. Флотатор та електрокоагулятор з'єднані трубопроводом стічної води 21 з коридорним відстійником (піддоном) 9.



**Рис. 1. Пересувна установка для миття та сушіння автомобілів з регенерацією миючих розчинів.**

Трубопроводи стічної води та очищеної води, забезпечені фільтрами очищення 22 та доочистки 23, насосами відкачування 24 та миття 25. Флотатор, через запірний кран 26, з'єднаний з трубопроводом стічної води. Відстійник 6 з'єднаний з трубопроводом очищеної води запірним краном 27. Трубопровід стічної води з'єднаний з електрокоагулятором обвідним трубопроводом із запірним краном 28. Бак - накопичувач 7 з'єднаний з трубопроводом очищеної води запірним краном 29. Джерело електроживлення на схемі не показаний. Він встановлюється безпосередньо біля кабіни автотранспорту.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Аналітичний огляд стану техногенної та природної безпеки в Україні за 2016–2019 роки. УкрНДІЦЗ, 2020. 281 с. URL: <https://undicz.dsns.gov.ua/ua/Analitichniy-oglyad-stanu-tehnogennoyi-taprirodnoyi-bezpeki-v-Ukrayini.html>.

2. Букатенко Н.А. Усовершенствование процессов мойки автомобилей с обеспечением экологической безопасности и рационального использования водных ресурсов: дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук: 21.06.01 / Букатенко Наталья Алексеевна. Х., 2009. 164 с.

3. Пат. 34249 України, МПК В 60 S 3/00. Пересувна установка для миття та сушіння автомобілів з регенерацією мийних розчинів / Березуцький В.В., Букатенко Н.О; заявник та патентовласник Національний технічний університет «ХПІ». – № u 2008 00216; заявл. 04.01.2008; опубл. 11.08.2008, Бюл. № 15.

**ОХОРОНА ПРАЦІ НА ВИРОБНИЦТВАХ ДЕРЕВНИХ ПЕЛЕТ***Войналович О.В., к.т.н., доцент,**Єременко О.І., к.т.н., доцент,**Поліщук В.М., д.т.н., професор**Національний університет біоресурсів і природокористування України*

В останні роки в Україні спостерігається усталена тенденція збільшення обсягів виробництва енергії з альтернативних видів палива. Одним із напрямків розвитку альтернативної енергетики є виробництво біопаливних гранул (пелет). Сировиною для їх виробництва є різноманітні відходи сільськогосподарського виробництва та лісової промисловості, а також спеціально вирощувані для цього рослини. Поширеною сировиною для виробництва пелет є деревина. Деревні пелети виробляють не з промислової деревини, а з відходів лісозаготівлі і деревообробляння, що зменшує їх вартість і вирішує проблему утилізації відходів. Тому виробництво деревних пелет в Україні з кожним роком постійно збільшується. Їх виробляють як для внутрішнього використання в Україні, так і на експорт до країн Європи, де деревні паливні гранули користуються значним попитом.

Разом із тим, на виробництві деревних пелет наявні виробничі небезпеки, до яких належать, зокрема, підвищена запиленість повітря робочої зони, підвищені рівні шуму і вібрації на робочих місцях, значна пожежонебезпечність тощо. Дану роботу присвячено питанням оцінення ризику пожеж, травмування і професійної захворюваності працівників на виробництві деревних пелет.

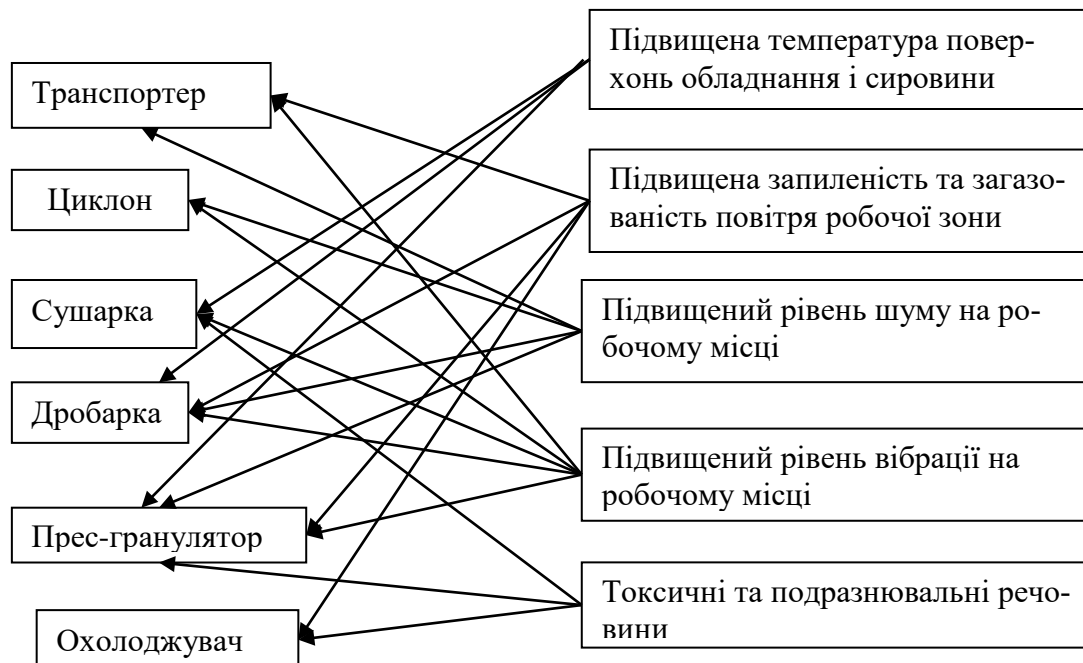
Для виробників деревних пелет важливою є проблема запобігання вибухам, пожежам та самозайманню сировини або гранул. Загалом пожежі на виробництвах з переробляння деревини – це явище нерідке, зокрема це стосується й пелетного виробництва. Описи обставин аварій на пелетних виробництвах показують, що пожежі можуть статися у різних складових частинах технологічної лінії виробництва деревних пелет: на сировинному складі, у сушильному комплексі, дробарці, циклонах та пневматичних системах, прес-грануляторі, охолодній колоні, вмістищах зберігання пелет. Найбільш небезпечними є етапи технологічного процесу сушіння вологої деревної сировини після циклонів і на виході з розвантажувальних камер. Аналіз причин техногенних аварій показав, що займання обладнання зумовлюють пил та гарячі частинки біомаси, які рухаються всередині магістралей пелетного виробництва.

Під час роботи грануляторів виникає небезпека перегрівання поверхні робочих органів внаслідок підвищеного тертя (наприклад, у збільшеному робочому зазорі між роликками і матрицею за несправності обладнання або внаслідок порушення технологічного процесу). Це може призвести до появи гарячих частинок з температурою 450 °С і більше та енергією близько 40 мДж, які є можливими джерелами займання. Вони можуть не мати яскраву світлість, тобто це «темні» (чорні) частинки, які, потрапляючи на подрібнену висушену сировину, спричиняють її самозаймання. Ці частинки є набагато небезпечнішими іскор з температурою понад 1000 °С.

Виявленню небезпечних гарячих «темних» частинок сприяє встановлення на технологічному обладнанні спеціальних детекторів, наприклад датчиків, які працюють в інфрачервоній зоні і мають виявляти лише істинні джерела займання. У детекторах чутливі елементи здебільшого побудовано на сульфаті свинцю (PBS). Це дозволяє виявляти як іскри, так і «темні» частки високої енергії з температурою понад 250 °С та вище. Їх перевагою щодо силіконових фотодетекторів, які реагують на світло від іскор, є нечутливість до денного світла.

Детектори гарячих частинок потрібно встановлювати також на входах у накопичувальні бункери і на виходах із сушильних установок. На ділянках сушіння, подрібнення, гранулювання сировини та охолодження паливних гранул доцільно використовувати системні комплекси іскровиявлення і автоматичного вмикання іскрогасіння.

Інші, окрім пожежної, виробничі небезпеки, характерні для пелетних підприємств, показано у вигляді блок-схеми на рис. 1.



**Рис. 1. Блок-схема небезпек, характерних для певного технологічно обладнання виробництва пелет.**

Небезпечним чинником пелетного виробництва є утворення на етапах подрібнення сировини, її сушіння, транспортування, охолодження і затарювання паливних гранул великої кількості різного за розміром пилу. Найбільш небезпечним для працівників є пил з еквівалентним діаметром 1-10 мкм, який легко потрапляє до легень під час вдихання повітря, але під час його видихання не виходить звідти, зумовлюючи розвиток фіброзу. Для зменшення пилоутворення пелетних виробництв доцільно збільшувати ступінь механізації процесів, надійно герметизувати обладнання і транспортвальні пристрої. Всі пелетні виробництва обов'язково необхідно облаштовувати аспіраційним обладнанням.

Підвищені рівні шуму і вібрації у пелетних виробництвах виникають внаслідок роботи технологічного обладнання. Для їх зниження доцільно впливати на джерела виникнення, зокрема не допускати резонансних режимів, застосовувати вібродемпфування, динамічне вгамовування коливань, вібро- і шумоізолювання технологічного обладнання, мал шумні механізми тощо.



## ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНОГО СТАНУ НАКОПИЧЕНОЇ ПОШКОДЖЕНОСТІ ТРИМАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

*Войналович В.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Писаренко Г.Г.<sup>2</sup>, д.т.н., професор,  
Майло А.М.<sup>2</sup>, к.т.н.,  
Писаренко С.Г.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України,

<sup>2</sup>Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка НАН України

Серед технічних причин аварій транспортних засобів часто розглядають втомне зруйнування тримальних елементів конструкцій внаслідок тривалої експлуатації. Втомне пошкодження у тримальних елементах транспортних систем накопичується навіть за дії малих рівнів експлуатаційних циклічних напружень, зокрема характерних для гігациклового навантажування тримальних елементів конструкцій рухомого складу залізничного транспорту. Тож, актуальною задачею запобігання раптовому зруйнуванню конструкції є оцінення граничного стану накопиченого втомного пошкодження конструкційних (тримальних) елементів.

Оцінити інтенсивність накопичення пошкодження в елементах конструкцій дозволяють дослідження змін рельєфу поверхневого шару від дії циклічного навантаження із застосуванням сучасних засобів та методів діагностування пошкодження, що виникає за низьких рівнів циклічного навантажування.

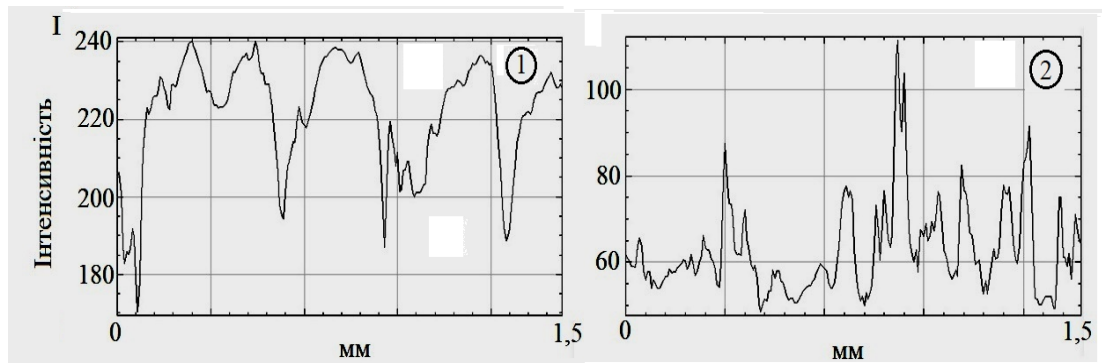
Мета даного дослідження – визначення закономірностей накопичення втомного пошкодження у лабораторних зразках тримальних конструкцій рухомого складу залізничного транспорту на основі безконтактного методу оптичного сканування контрольованої зони поверхні.

У використаному в роботі методі вимірювання мікропластичних деформацій аналізують параметри функції розподілу когерентного випромінювання, відбитого від zdeформованої поверхні елемента конструкції [1]. Згідно з цим методом контрольовану локальну зону поверхні металоконструкції опромінюють когерентним світловим промінням з довжиною хвилі, що відповідає масштабу локалізації мікропластичної деформації поверхні, і отримують спектрограму проміння, відбитого від сформованого мікрорельєфу поверхні. Щоб оцінити інтенсивність змінення деформаційного рельєфу внаслідок циклічного навантажування, використовували параметр, що є відношенням кількості світлих пікселів певного типу до загальної кількості пікселів зображення спеклструктури.

Обсяг вибірки даних у кожній контрольованій зоні площею 200x200 мкм становив 2106 пкс, а площею 500x500 мкм – 4106 пкс відповідно. Виокремівна здатність методу фотодіодної матриці розміром 1920x1080 пкс за довжини хвилі когерентного випромінювання  $a = 0,450$  мкм становить 0,2 мкм/пкс.

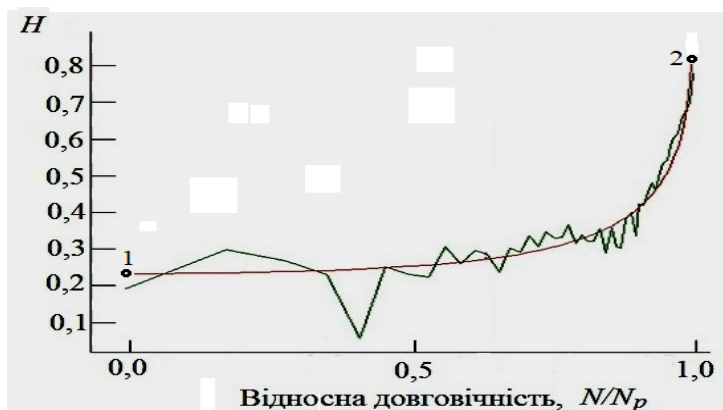
Статистичні параметри розподілу дискретних деформацій поверхні аналізували на основі розробленої комп'ютерної програми цифрового оброблення зображень та комп'ютерної програми статистичного аналізу «PAST». У розрахунку кореляційних характеристик деформації за параметрами статистичного розподілу спеклструктури використовували стандарт ISO 25178 [2] та методи математичної статистики. Коефіцієнт Стьюдента  $t_{\alpha(n)}$  визначали для значення довірчого інтервалу  $P = 0,95$  та кількості вимірювань  $n = 100$  ( $t_{\alpha(n)} = 1,646$ ). Похибку методу  $e$  оцінювали за формулами стандартної помилки та стандартного відхилення ( $e = \pm 0,05$ ).

На рис. 1 представлено кореляційні характеристики профілю рельєфу сканованої зони поверхні тримальної конструкції рухомого залізничного складу для різних етапів циклічного навантажування.



**Рис. 1. Кореляційні характеристики профілю рельєфу поверхні на різних етапах навантажування. 1– початковий стан 2 – стан перед зруйнуванням.**

На рис. 2 показано кінетичні характеристики накопичення деформаційних дефектів на поверхні зразка конструкційного елемента за його циклічного навантажування. Раптове збільшення параметра Херста  $H$  (характеристики ступеню пошкодження) на побудованій його залежності від тривалості циклічного навантажування відповідає граничному стану конструкційного елемента щодо витривалості матеріалу (початку поширення втомної тріщини докритичного розміру).



**Рис. 2. Кінетичні характеристики накопичення деформаційних дефектів на поверхні зразка конструкційного елемента за його циклічного навантажування.**

### ЛІТЕРАТУРА

1. Писаренко Г.Г., Войналович О.В., Майло А.М., Писаренко С.Г. Метод безконтактного визначення амплітуди деформації накопиченого експлуатаційного пошкодження металоконструкції. *Machinery&Energetics. Journal of Production Research. Kyiv. Ukraine.* 2021. 12(3). Р. 25–32.
2. ISO 25178-1:2016 Geometrical product specifications (GPS) – Surface texture: Profile method. Part 2: – Terms, definitions and surface texture parameter.

**ЗАСАДИ РОЗРОБЛЕННЯ ПРАЦЕОХОРОННИХ ДІЛОВИХ ІГОР***Войналович В.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,**Тімочко В.О.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент**<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України,**<sup>2</sup>Львівський національний аграрний університет*

Актуальність даної роботи обумовлена потребою у пошуках нових методично-доцільних шляхів підготовки фахівців під час освоєння студентами дисциплін комплексу «Охорона праці». Перспективним є запровадження до навчального процесу працезахоронних ділових ігор.

Навчальні ділові ігри передбачають моделювання певної виробничої діяльності за наявності проблемних ситуацій, вирішення яких на кожному етапі заняття розвиває у студентів практичне мислення, формує здатність аналізувати наслідки і обставини виробничої діяльності, а на їх основі виробляти обґрунтовані рішення. Основна мета працезахоронної ділової гри – підготувати студентів до вирішення на виробництві технологічних, технічних і організаційних ситуацій, пов'язаних з безпекою виконання робіт.

Нині опубліковані розробки у галузі ділових ігор з охорони праці стосуються лише кількох працезахоронних тем, а їх застосування недостатньо сприяє виробленню у студентів логічного підходу щодо узгодження використання нормативних працезахоронних документів різного рівня, не дають послідовного переходу від одних розділів «Охорони праці» до інших. Тому є актуальним запровадження вивчення окремих розділів «Охорони праці» у вигляді проведення ділових ігор.

В основу діяльності системи управління охороною праці (СУОП) на підприємстві закладено принцип залучення до працезахоронної роботи практично всіх працівників підприємства. Лише у цьому випадку функціонування СУОП буде ефективним – підтримувати високий рівень охорони праці на підприємстві буде більшість працівників, а не кілька посадових осіб. Отже, існують передумови залучення до проведення ділової працезахоронної гри всіх студентів підгруп, що виконують окремі завдання лабораторного практикуму з охорони праці.

Розробляючи комплекс ділових ігор з охорони праці потрібно передбачити таке передавання ігрових функцій між учасниками, щоб кожен студент хоча б один раз зміг побувати на кожній з різноманітних посад – керівника підприємства, головного спеціаліста, керівника виробничого підрозділу, спеціаліста служби охорони праці, інспектора Держпраці України, страхового експерта Фонду соціального страхування (ФСС) України тощо. Потрібно завважити, що різноманітність тем з охорони праці дозволяє реалізувати запропонований розподіл та взаємозамінність [1].

Суть уведення ділових ігор у працезахоронне навчання полягає у тому, що для отримання необхідних знань студент повинен вивчати та аналізувати різні джерела інформації щодо практичної діяльності підприємства. Участь у працезахоронній діловій грі змушує студента активізувати мислення, він має бути активним (незалежно від свого бажання), а отже досить тривалий час брати активну участь у навчальному процесі. Це підвищує його ступінь мотивації та емоційності, сприяє самостійному ухваленню рішень. Працезахоронні ділові ігри можуть об'єднувати індивідуальні та колективні форми освоєння навчального матеріалу, використовуючи фактичні дані щодо стану виробництва та певні теоретичні узагальнення.

Основою розроблення ділової гри є створення імітаційної та ігрової моделей, які мають характеризуватися певною цілісністю (рис. 1). Предмет ділової гри з охоро-

ни праці – це порядок діяльності учасників, що відповідає реальній професійній діяльності.



**Рис. 1. Етапи і послідовність проведення працезахоронної ділової гри.**

Під час проведення ділових працезахоронних ігор студенти зможуть:

- набути вміння взаємодіяти з керівниками та підлеглими, а також користуватися необхідною нормативно-правовою документацією з охорони праці;
- ознайомитися з функціональними обов'язками посадових осіб;
- навчитися на основі аналізу небезпечних і шкідливих виробничих чинників виявити причини травм і професійних хвороб;
- освоїти засади розроблення профілактичних заходів для запобігання професійним ризикам.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Войналович О.В., Марчишина Є.І. Охорона праці в галузі (працезахоронні ділові ігри): навчальний посібник. К.: Центр учбової літератури. 2021. 204 с.

## ПРОПОЗИЦІЇ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ ЕКОЛОГІЧНИХ ВИМОГ ПРИ ОЧИЩЕННІ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД

*Горбань Д.Г.,*

*Молчан А.П.,*

*Горносталь С.А., к.т.н., доцент*

*Національний університет цивільного захисту України*

Проводячи активну виробничу та господарську діяльність, людство сприяє інтенсивному забрудненню атмосфери та водойм. Причиною цього є викиди від виробничих об'єктів, автомобілів, потрапляння недостатньо очищених або взагалі неочищених побутових та промислових стічних вод у відкриті водоймища. Антропогенний вплив призводить до зміни якості природної води в поверхневих та підземних джерелах, які далі слугують для забору води на господарсько-питні та інші потреби. Надходження значної кількості органічних та мінеральних забруднень спричиняє зміну властивостей природної води. Надмірна кількість цих речовин негативно впливає на стан здоров'я людей та тварин, робить водойми непридатними для відпочинку та рибальства, призводять до загального погіршення якості життя.

Одним з основних джерел забруднення водойм є підприємства по очищенню стічних вод, на які надходять стічні води після використання в побуті та на промислових об'єктах. Недосконалість режиму роботи підприємств призводить до періодичного потрапляння забруднюючих в водний об'єкт. Аналіз стану екологічної проблеми очищення стічних вод в Україні та Харківській області [1] показав, що по ряду показників споруди біологічного очищення стічних вод не повністю забезпечують необхідну якість очищення. Крім того, проаналізовано особливості комплексу біологічного очищення стічних вод, якій складається з системи «аеротенк-витиснювач – вторинний відстійник». Визначено, що одним з основних напрямків підвищення ефективності роботи споруд біологічного очищення суміші побутових та виробничих стічних вод є регулювання співвідношення «стічна рідина - активний мул - повітря».

Заходи, які направлені на підвищення ефективності роботи споруд біологічного очищення та забезпечення дотримання екологічних вимог при очищенні міських стічних вод, допоможуть запобігти негативним наслідкам [2]. Для цього пропонується змінити режим роботи системи «аеротенк-витиснювач – вторинний відстійник» з урахуванням конкретних умов експлуатації. Спочатку необхідно проаналізувати конструктивні, об'ємно-планувальні та комунікаційні рішення споруд біологічного очищення та обґрунтувати можливість впливати на режим їхньої роботи. Такий вплив передбачено шляхом зміни витрати та дози активного мулу, що подається на регенерацію, інтенсивності аерації. Практично це можна здійснити корегуванням витрати насосів, що перекачують активний мул; компресорів, що перекачують повітря, або безпосередньо відкриттям-закриттям засувки по коридорах аеротенка; скиданням зайвого мулу з системи біологічного очищення.

Основою для вибору режиму роботи аеротенка є лабораторний аналіз, який визначає якість стоків на вході в аеротенк, показники якості очищення на виході зі споруди. У загальному випадку вибір технологічного режиму роботи аеротенка здійснюють в такому порядку:

- лабораторні дослідження основних показників роботи споруд біологічного очищення;
- аналіз отриманих результатів;

– прийняття рішення про необхідність внесення змін в технологічний регламент роботи аеротенка.

Результати лабораторних досліджень показників стічних вод на вході в аеротенк, активного мулу, витрати стічних вод та активного мулу, інтенсивності аерації використовують для вибору технологічного режиму роботи аеротенка за допомогою емпіричних залежностей [3]. Ці залежності отримано в результаті експериментальних досліджень процесу біологічного очищення в системі «аеротенк-витиснювач - вторинний відстійник». Вони описують зміну концентрації активного мулу на виході з регенератора та зміну концентрації забруднень в очищеній воді на виході зі споруд очищення.

Адекватність отриманих залежностей реальним процесам проаналізовано за критерієм Фішера. Визначено, що в рамках умов та обмежень, прийнятих при проведенні експерименту, залежності адекватно описують процеси біологічного очищення в системі «аеротенк-витиснювач - вторинний відстійник». Результати розрахунку дозволяють спрогнозувати якість очищення в залежності від показників роботи споруд та запропонувати відрегулювати співвідношення «стічна вода - активний мул - повітря». Завдяки цьому на виході зі споруд концентрації забруднюючих речовин будуть мати значення не вище гранично допустимих та буде забезпечено дотримання екологічних вимог. Остаточне рішення по вибору технологічного режиму роботи аеротенків залишається за технологом комплексу очищення.

Послідовність роботи запропонованих пропозицій представлена в вигляді алгоритму з чотирьох блоків. В першому блоці аналізують вихідні дані стосовно стічних вод, що поступають після механічного очищення, активного мулу та інтенсивності аерації, та проводять розрахунок за допомогою комп'ютерної програми. Другий блок – фіксують результати розрахунку. Третій блок – порівнюють результати, четвертий – необхідно зробити висновок стосовно необхідності зміни режиму роботи споруд.

Оцінка економічної ефективності запропонованих пропозицій вибору режиму роботи системи «аеротенк-витиснювач – вторинний відстійник» показала, що використання пропозицій забезпечить дотримання екологічних вимог щодо очищення стічних вод та допоможе знизити негативне навантаження на навколишнє середовище.

#### ЛІТЕРАТУРА

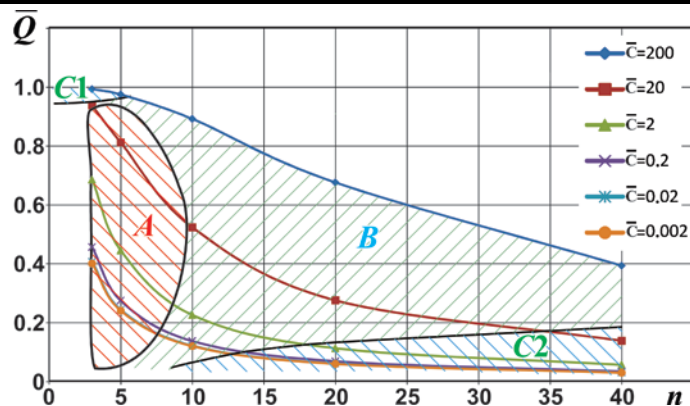
1. Екологічні паспорти регіонів за 2019 рік. URL: <https://mepr.gov.ua/news/35913.html>.
2. Горносталь С.А., Петухова Е.А. Повышение экологической безопасности водных объектов путем предотвращения попадания неочищенных сточных вод. Materials of the VIII international scientific conference «Ecological education and ecological culture of the population». Vědecko vydavatelské centrum «Sociosféra-CZ». Prague. 2020. P. 27–29.
3. Мовчан А.П., Горбань Д.Г., Горносталь С.А. Дотримання екологічних вимог при очищенні міських стічних вод. Матеріали II Міжн. студ. наук. конф. «Пріоритетні напрямки та вектори розвитку світової науки» (Т. 2), м. Дрогобич. 2021. С. 30–33.



**ПОДАТЛИВІСТЬ КРІПІЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У МЕТАЛ-КОМПОЗИТНИХ З'ЄДНАННЯХ***Двейрін О.З.<sup>1</sup>, к.т.н.,**Царіцинський А.А.<sup>2</sup>,**Набокiна Т.П.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,**Кондратьєв А.В.<sup>3</sup>, д.т.н., професор**<sup>1</sup>Державне підприємство «Антонов»,**<sup>2</sup>Національний аерокосмічний університет імені М. С. Жуковського «ХАІ»,**<sup>3</sup>Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова*

При створенні нової конструкції або модернізації старої найбільші труднощі пов'язані зі створенням стиків та з'єднанням деталей між собою, особливо поєднання композитних та металевих частин конструкцій. На сьогоднішній день проблема створення та вдосконалення таких з'єднань є актуальною та активно розробляється [1]. У роботі [2] теоретично обґрунтовано фактори, що впливають на податливість силового зв'язку, утвореного кріпильним елементом. Отримані у цій роботі висновки загалом збігаються з висновками, наведеними у роботі [3], в якій проводиться порівняльний аналіз існуючих методів визначення податливості механічних з'єднань типу «композит-композит» та «композит-метал». У цій роботі наведено огляд та аналіз існуючих емпіричних залежностей для розрахунку механічних сполук. Використання емпіричних формул дозволяє значно знизити час і трудомісткість при розрахунку податливості болтових з'єднань. Однак постає питання про точність отриманих результатів розрахунків за даними формулами для конкретного набору товщини і матеріалу композитних деталей, що з'єднуються. Останнім часом використання числових методів на основі методу скінченних елементів для розрахунку податливості з'єднань набуло широкого поширення [4]. Застосування цих методів дозволяє отримати результати з високим ступенем точності, однак розрахунок локальних ділянок механічного з'єднання трудомісткий, особливо за наявності великої кількості наборів товщини композитних елементів. Не менш важливим є питання про експериментальний вимір податливості. Особливо слід зазначити підняті на роботах [1, 3, 4] проблеми з експериментальною оцінкою податливості. Більшість існуючих досліджень спрямовані на забезпечення достовірності оцінки податливості кріпильного елемента, але немає обґрунтування необхідної точності оцінки податливості. У зв'язку з цим метою дослідження було – обґрунтування та апробація методики визначення податливості кріпильних елементів у з'єднаннях композитних деталей.

Доповідь присвячено результатам дослідження щодо визначення основних параметрів елементів механічних з'єднань із полімерних композиційних матеріалів як факторів, що впливають на вимоги до точності оцінки податливості зв'язку. Виявлено різний вплив кількості рядів кріпильних елементів на оцінку максимальних зусиль у з'єднанні, а також вплив відношення податливості зв'язку до податливості деталі. Побудовано поле можливих станів з'єднання (рис. 1). У межах цього поля умовно виділені області високої чутливості до точності оцінки параметрів елементів з'єднання (область А), що потребує експериментального підтвердження та точніших моделей; зони середньої чутливості з'єднання (область В) до точності оцінки параметрів його елементів, що дозволяє застосовувати відомі залежності та зони низької чутливості (області С1, С2), в межах яких можна використовувати спрощені моделі розрахунку.



*A* – область високої залежності якості розрахунку з'єднання від якості оцінки податливості силових зв'язків; *B* – область помірної залежності;  
*C* – область практичної незалежності

**Рис. 1.** Залежність відносної несучої здатності з'єднання від параметрів його елементів.

У ході апробації розробленої моделі проведено випробування зразків з'єднань з метою отримання оцінки податливості силового зв'язку, а також проведено розрахунок контрольного варіанта за формулою Douglas [2, 3]. Контрольний варіант зразка з'єднання обраний за принципом рівності податливостей деталей, що з'єднуються: це серія зразків, які зібрані з композитного пакета в 80 шарів і двох накладок зі сталі товщиною 3.98 мм. Деталі були з'єднані сталевими болтами діаметром 6 та 8 мм. Числове відношення податливості силового зв'язку до податливості деталі для експериментальних даних становить 85...96, а розрахункових 9...10. Це свідчить про знаходження розглянутого з'єднання у перехідній зоні між високою та середньою чутливістю з'єднання до точності оцінки його податливості, що потребує постійного уточнення параметрів зв'язку. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації розрахунків багаторядних з'єднань у напрямку забезпечення точності розрахунку та прийнятних витрат на її забезпечення.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Dveirin O.Z., Andreev O.V., Kondrat'ev A.V., Haidachuk V.Ye. Stressed State in the Vicinity of a Hole in Mechanical Joint of Composite Parts. *International Applied Mechanics*. 2021. Vol. 57, № 2. P. 234–247. URL: <https://doi.org/10.1007/s10778-021-01076-4>.
2. Chandregowda S., Reddy G., Reddy C. Evaluation of fastener stiffness modelling methods for aircraft structural joints. *AIP Conference Proceedings*. 2018. 1943. 020001. URL: <https://doi.org/10.1063/1.5029577>.
3. V. Eremin, A. Bolshikh, V. Koroliskii and K. Shelkov. Methods for flexibility determination of bolted joints: empirical formula review. DOI:10.1088/1742-6596/1925/1/012058.
4. Gerendt C., Dean A., Mahrholz T., Englisch N., Krause S., Rolfes R. On the progressive fatigue failure of mechanical composite joints: numerical simulation and experimental validation. *Composite Structures*. 2020. Vol. 248. 112488. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2020.112488>.

**ДО ПИТАННЯ ПРО ЗАРУБІЖНІ КОНЦЕПТИ КУЛЬТУРИ ОХОРОНИ ПРАЦІ**

*Древаль Ю.Д., д.н. держ. упр., професор  
Національний університет цивільного захисту України*

На сьогодні проблематика безпечного існування соціуму в цілому та кожної окремої людини набуває особливо великої значущості, що пояснюється стрімким загостренням різнобічних загроз і небезпек. Причому, забезпечення безпеки у різних сферах суспільних відносин значною мірою залежить не лише від органів державної влади та відповідальних осіб, але і від умінь та навичок конкретної особистості. І в цьому сенсі важливе значення має відводитися культурі безпеки, яка в загальному розумінні і означає вміння та бажання індивіда забезпечувати власну участь у підтриманні належного стану безпеки.

Чи не першочергово це стосується забезпечення культури безпеки на всіх рівнях суспільних та соціально-трудових відносин. Дійсно, нещасні випадки на виробництві та професійні захворювання мають тяжкі наслідки для людей та економіки. Для пошуку вирішення цієї проблеми потрібні колективні зусилля урядів, роботодавців та працівників, спрямовані на формування, втілення у життя та постійне зміцнення культури та заходів профілактики у сфері охорони праці. Причому, у складних умовах сьогодення вимоги до налагоджування ефективної культури охорони праці невідпинно зростають.

Під культурою праці традиційно розуміють вміння і звичку працівника раціонально планувати, організовувати і обліковувати свою роботу, творчо використовувати набуті трудові навички, розвивати свою трудову концепцію, погоджуючи мотиви і результати праці зі стратегією розвитку організації. До цього слід додати і необхідність усвідомленого відношення всіх учасників виробничого процесу до безпеки та гігієни праці, що в кінцевому рахунку має звести до мінімуму ризику виробничого травматизму. У такому разі мова вже має йти про культуру охорони праці, яка вирізняється чітко вираженою функціональною спрямованістю.

Окреслене питання вже традиційно аналізується зарубіжними науковцями. Серед них на увагу заслуговують дослідження Й. Барраклафа, П. Гадсона, С. Герарді та Д. Ніколіні, А. Гопкінса, А. Карніно, Р. Ларднера, Д. Петерсена, С. Дж. Кокса та Т. Кокс, М. Сіммарда, М. Флеммінга та деяких інших науковців.

У зарубіжній літературі розрізняють два підходи до визначення сутності культури безпечної праці, що відображає дві широкі та навіть частково протилежні точки зору: інтерпретаційний (або організаційний) та функціональний підходи.

Інтерпретаційний чи суто організаційний підхід базується на тому, що організаційна культура є складним феноменом соціальних груп, що є основним середовищем для тлумачення працівниками організації їхньої колективної ідентичності, переконань і поведінки. Причому, організаційна культура не належить окремо взятій групі, а є унікальним результатом спільної роботи всіх членів організації.

Відтак С.Дж. Кокс та Т. Кокс описують культуру безпечної праці як нову здатність організації як системи [1]. Зі свого боку, С. Герарді та Д. Ніколіні зазначають, що культура безпечної праці з'явилася в рамках практичної діяльності колективу організації [2].

В основі функціонального підходу лежить припущення, що культура охорони праці та організаційна культура в цілому є ідеалом, якого прагнуть організації, і що можна керувати задоволенням корпоративних інтересів. Відтак вихідною функцією організаційної культури є підтримка системи управління та стратегії організації. Дані

твердження частково ґрунтуються на припущенні, що культура може бути зведена до порівняно простої моделі прогнозування та управління.

Цей підхід насамперед націлює культуру на підтримку управлінської ідеології, цілей та стратегії, а в крайніх випадках включає використання культури апаратом управління для примусу та контролю. Дж.Т. Різон, наприклад, припустив, що культура безпечної праці могла бути у соціальному відношенні спроектована шляхом «ідентифікації та виробництва її важливих складових і потім складання їх у цілу роботу» [3].

Деякі науковці намагаються поєднати суттєві ознаки обох підходів до культури охорони праці. Так, на думку А. Гопкінса у спробах змінити чи вдосконалити культуру охорони необхідно акцентувати увагу на впливах «зверху-вниз», тобто на визначеному керівництвом загальному напрямі перетворень [4].

Водночас деякі автори при описі культури безпечної праці використовували визначення гештальтпсихології – «більше, ніж сума частин системи» (див., напр., розвідки Т.Р. Лі [5]). Все це спонукає нас приділити належну увагу і системному підходу, тобто одному з найбільш перспективних напрямів дослідження, в основі якого покладено аналіз об'єкта як цілісної та внутрішньо організованої системи. Дійсно, поза таким підходом неможливо провести дослідження будь-якого складного та внутрішньо структурованого явища чи об'єкта.

Відтак, з огляду на сказане, до традиційних зарубіжних підходів тлумачення культури охорони праці слід віднести інтерпретаційний або організаційний та функціональний підходи. Причому, відповідно до сутнісних характеристик першого підходу слід віднести те, що культуру охорони праці не можна розглядати як просту річ, яку можна додати до організації (тобто, культуру безпечної праці досить складно розвивати, змінити чи керувати нею). Ця думка різко контрастує з базовими компонентами функціонального підходу, який передбачає, що культура піддається управлінському впливу (таким чином, зазначений підхід до зміни культури фокусується на важливості ситуативних факторів і підкреслює, що зміни не можуть бути досягнуті безпосередньо шляхом структурних змін). Проте, очевидно, обидва зазначені підходи мають доповнюватися та збагачуватися методом системного підходу.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Cox S.J., & Cox T. Safety, systems and people. Oxford, England: Butterworth-Heinemann. 1996. 256 p.
2. Gherardi S., & Nicolini D. The organizational learning of safety in communities of practice. *Journal of Management Inquiry*. 2000. 9(1). P. 7–18.
3. Reason J.T. Managing the risks of organizational accidents. Aldershot, UK: Ashgate. 1997. 253 p.
4. Hopkins A. Safety, culture and risk: The organizational causes of disasters. Sydney, New South Wales, Australia: CCH Australia. 2005. 171 p.
5. Lee T.R. Assessment of safety culture at a nuclear reprocessing plant. *Work & Stress*. 1998. 12(3). P. 217–237.

## МОДИФІКАТОР РОЗЧИНУ РЕАГЕНТІВ

*Душкін С.С., к.т.н.*

*Національний університет цивільного захисту України*

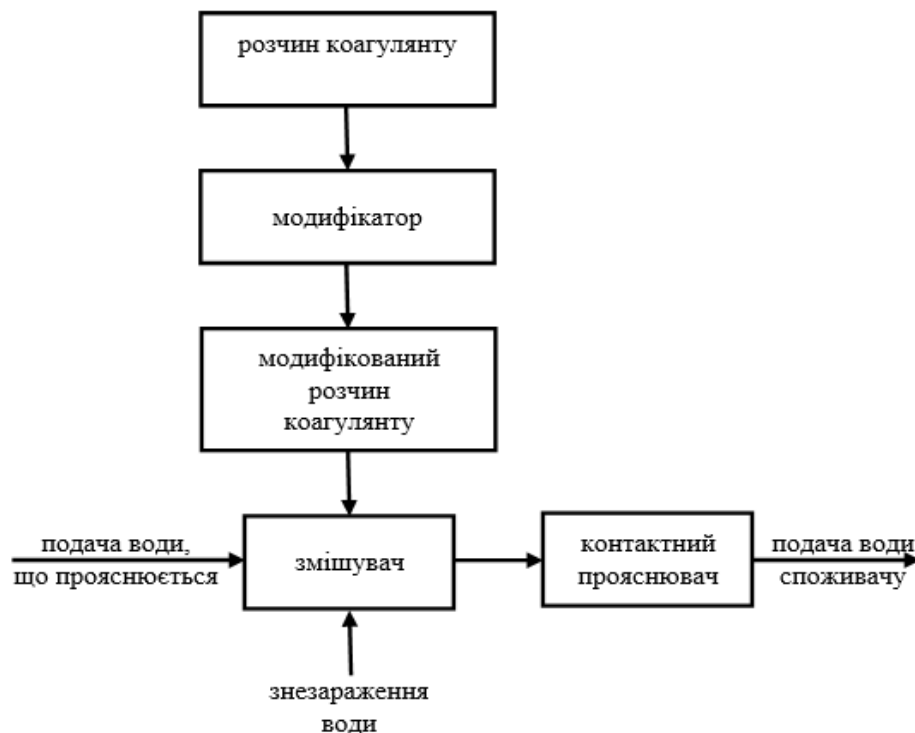
Модифікація розчину реагентів дозволяє інтенсифікувати процес очищення води, скоротити витрати реагентів [1].

Метою роботи є науково-технічне обґрунтування ресурсозберігаючих технологій підготовки питної води на контактних прояснювачах.

Для вирішення поставленого завдання виконані наступні дослідження:

- вплив модифікованого розчину коагулянту сульфату алюмінію на  $\xi$ -потенціал та адсорбційну ємність гідроксиду алюмінію в процесах очищення води;
- вплив модифікованого розчину коагулянту сульфату алюмінію на гідравлічну крупність коагульованої зависі, каламутність та забарвленість проясненої води;
- зміна сил зчеплення контактної середовища прояснювачів при використанні модифікованого розчину коагулянту сульфату алюмінію.

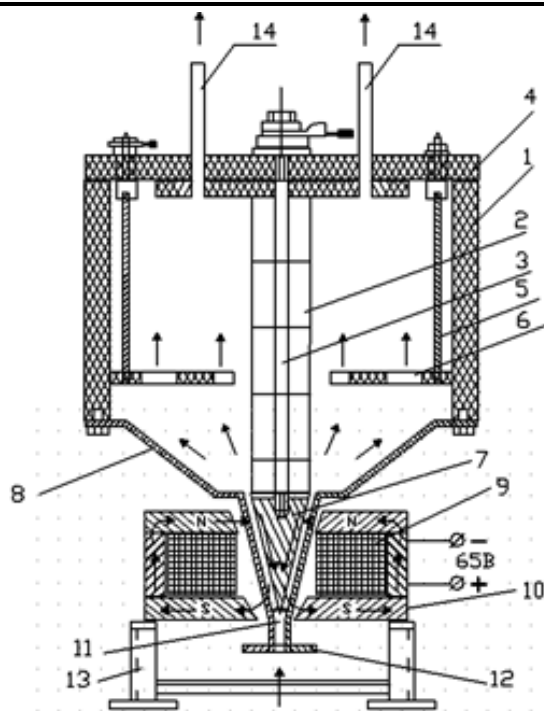
Схема ланцюгу апаратів при модифікації розчину коагулянту наведена на схемі (рис. 1).



**Рис. 1.** Схема ланцюгу апаратів при модифікації розчину реагента.

Модифікування розчину коагулянту здійснювалося у спеціальній пристрої – модифікаторі, який передбачає створення іонних асоціатів, що виникають внаслідок магнітної обробки та закріплення їх анодно-розчинним залізом (патент України № 118596) [2].

Конструктивна схема модифікатора реагентів наведена на рисунку 2.



**Рис. 2. Конструктивна схема модифікатора реагентів.**

Пристрій складається з корпусу 1, виготовленого з органічного скла, всередині якого знаходиться сердечник з металевих кілець 2, встановлених на шпильці 3, і закріплених на фланці 4 між електродом 2 і розташованим по периметру внутрішнього корпусу 1 металевим електродом 5, який закріплений на фланці 4 нижньому розподільчому кільці 6 для рівномірної подачі розчину коагулянту. До шпильки 3 приєднується металевий конусоподібний сердечник магнітопроводу 7, який розташований по центру корпусу регулятора швидкості 8. Електромагнітна система, що приводить в дію котушку, що намагнічує 9, магнітопровід 10 і конусоподібний сердечник 7, розташована зовні регулятора швидкості. Між конусоподібним сердечником 7 і корпусом регулятора 8 швидкості утворюється проміжок 11 для протікання оброблюваної рідини, що подається по патрубку 12. Модифікатор встановлюється на підставку 13. Для відведення готового розчину використовують патрубки 14. Вихідний розчин надходить через вхідний патрубок 12 до нижнього конуса і проходить через зони магнітного потоку, створюваного замкнутої електромагнітної системою 7, 9, 10, де обробляється магнітним полем певної напруженості. Далі розчин надходить у верхню частину корпусу, де при протіканні струму між електродами 2 та 5 відбувається насичення анодно-розчинним залізом. Готовий розчин подається через патрубки 14.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Душкін С.С. Підвищення екологічної безпеки при підготовці питної води з використанням модифікованого кварцового завантаження фільтруючих матеріалів. *Наук.-техн. журнал «ТЕБ»*. Харків : НУЦЗУ, 2019. 6 (2/2019). С. 54–59.
2. Пат. 118596 Україна, МПК (2017.01) C02 F1/48. Спосіб очистки природних і стічних вод / Душкін С.С., Благодарна Г.І., Коваленко О.М., Євдошенко В.В., Гресь О.В.; опубл. 10.08.2017, Бюл. № 15.



## ТЕХНОЛОГІЯ ЗАХОРОНЕННЯ ВІДХОДІВ БУРІННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ГРУНТОЦЕМЕНТНИХ ЕКРАНІВ

*Зоценко М.Л., д.т.н., професор,*

*Михайловська О.В., к.т.н., с.н.с.*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

Будівництво глибоких свердловин, що є невід'ємним етапом геологорозвідувальних та видобувних робіт на нафту і газ, створює значне техногенне навантаження на геологічне середовище. Внаслідок недосконалості процесів будівництва свердловин розвиваються небезпечні геодинамічні процеси і у приповерхневій ділянці гідросфери й літосфери надходить велика кількість токсичних хімічних елементів та сполук [1, 2].

Одним із пріоритетів проведення бурових робіт є максимально можливе збереження природного стану навколишнього середовища. Відомо, що бурові майданчики належать до об'єктів підвищеної екологічної небезпеки. Тому вплив на компоненти довкілля під час спорудження свердловин можливий не тільки в результаті аварійних ситуацій, а й за нормальних умов проходження виробничого процесу. Найбільш доступним шляхом ліквідації відходів буріння й експлуатації свердловин є їх захоронення. Практикується захоронення відходів у спеціально відведених місцях, у глибоких підземних горизонтах, у земляних сховищах безпосередньо на території бурової.

Для унеможливлення попадання відходів буріння у ґрунт і ґрунтові води, потрібно передбачити інженерну систему організованого збирання відходів. Для цього на території бурової встановлюють спеціальні чани або споруджують земляні котловани в мінеральному ґрунті – шламові амбари.

Будівництво шламосховища виконується наступним чином. Споруджується монолітна вертикальна протифільтраційна завіса по типу «стіна в ґрунті» з ґрунтоцементних елементів (фіг. 1).

Відтань між центрами сусідніх елементів повинна дорівнювати  $0,8d$  ( $d$  – діаметр ґрунтоцементних елементів). Ґрунтоцементні елементи виготовляються бурозмішувальним методом [3]. Основними процесами технології є механічне руйнування (подрібнення) ґрунту, ін'єкція в ґрунт в'язучого (стабілізатора) та переміщення ґрунту з в'язучим робочим органом бурової машини. В результаті переміщення та твердіння цементу в ґрунті формується паля з фіксованим діаметром, який визначається розміром змішувальних лопат обладнання. Подача в'язучого здійснюється через отвори (сопла) у буровому снаряді (робочому органі бурової машини).

Таким чином отримуємо циліндричні ґрунтоцементні елементи діаметром  $0,3$ – $0,8$  м і довжиною до  $30$  м [1]. Протифільтраційна завіса по типу «стіна в ґрунті» з ґрунтоцементних елементів заглиблюється у водотрив на глибину не менше  $1$  м з метою забезпечення відсутності фільтрації. Після твердіння ґрунтоцементних елементів по периметру шламосховища виконується виїмка до  $60$  % масиву ґрунту [1]. Термін тужавіння у зволоженому стані триває  $28$  діб. З часом міцність та водонепроникність ґрунтоцементу збільшуються.

Заповнення шламосховища відходами буріння здійснюють після тужавіння ґрунтоцементу. До потрапляння у шламосховище відходи буріння зневоднюються.

Зневоднення пропонується здійснювати розділенням у відцентровому полі бурових шламів у декантері. Принцип його дії заснований на дії відцентрових сил. У декантері нафтошлами в суміші з підігрітою свіжою нафтою подаються на трифазні декантери, де відбувається поділ на три фази: вуглеводневу, водну і механічні домішки.

Виділені вуглеводні направляють на вторинну переробку, воду – на очищення, механічні домішки, які збагачені вуглеводнями і містять воду, є новим відходом, кількість якого значно менша порівняно з кількістю первинного нафтошламу, але все ще значна. До переваг цього різновиду переродлення бурових шламів належать можливість зменшення кількості відходів, а також повторне використання частини води, яка відокремлюється від нафтопродуктів. За 20 хв. центрифугуванням від вихідного шламу відділяється вода у кількості 28 % по масі. Тоді як від шламу після заморожування та відтавання – понад 39 %. Таким чином, заморожування та відтавання дестабілізують структуру шламу та сприяють збільшенню ефективності його зневоднення у модельних умовах центрифугування. Цей метод більшою мірою підходить до сумішей, які складаються з синтетичних органічних речовин [8]. Загущена фаза після зневоднення надходить у шламосховища.

В міру наповнення шламосховища виконують заповнення його відходами за такою технологією: на дно шламосховища насипають шар відходів товщиною близько 1 м, потім на нього зверху насипають шар ґрунту майданчика будівництва (вологість 4–5 %) до 1 м. Для Полтавщини ґрунтом майданчика будівництва є переважно суглинок. Доведення складеного у відвали ґрунту майданчика до вологості 4–5 % відбувається його висушуванням на відкритому повітрі з періодичним перемішуванням та спорудженням над місцем складування укриття.

Вологість зневоднених бурових шламів після зневоднення шляхом центрифугування та заморожування та відтавання близько 25 %.

Заповнення шламосховища відходами буріння здійснюють після тужавіння ґрунтоцементу стінок споруди. Перед захороненням бурових шламів у шламосховищі відділяють з них рідку фазу. Пропонується наповнювати шламосховище сумішшю бурового шламу та ґрунту майданчика (в умовах Полтавської області – суглинок тугопластичний) з чергуванням шарів. Також для нейтралізації відходів та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище пропонується застосувати суміш для нейтралізації, що складається із фосфогіпсу, золи від спалювання деревини та органічні добрива. Така суміш буде виконувати функції знезараження та осушення суміші бурового шламу із ґрунтом, так як до складу суміші входить зола.

Пропонується при влаштуванні стінок та покриття шламосховища із ґрунтоцементу додавати золу виносення Миколаївської ТЕЦ у кількості 5 мас.% від маси цементу. Встановлено що зі збільшенням терміну витримки зразків у воді до 270 діб зростає середня міцність на стиск зразків ґрунтоцементу без добавки та з додаванням відповідного відсотку золи виносу на величину більше 7 %.

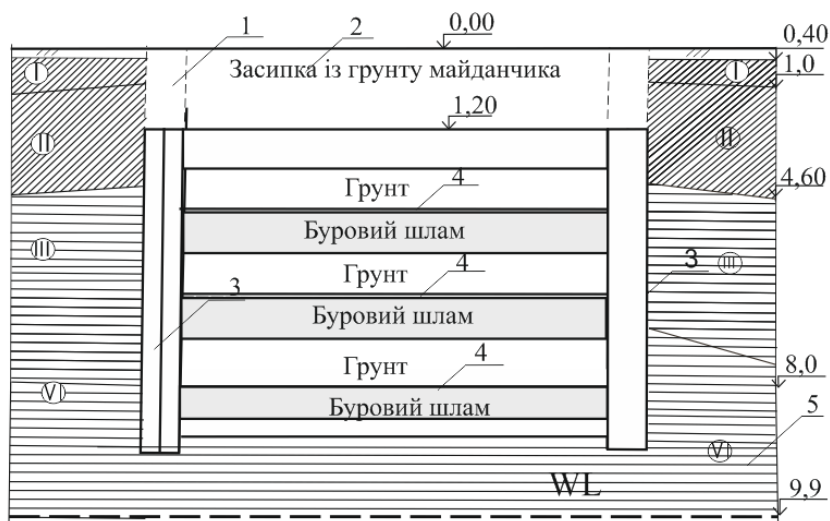


Рис. 1. Вертикальний розріз шламосховища.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Тимофєєва К.А. Грунтоцементні сховища для токсичних відходів буріння та експлуатації нафтогазових свердловин [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.02 / Тимофєєва Катерина Анатоліївна ; Полтав. нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. Полтава, 2016. 22 с.
- 2.Способ гидроизоляции шламового амбара. №140153 МПК E02D 29/00, МПК E02D 31/00 Україна / Г.Б. Бочкарев, Б.А. Андерсон, А.У. Шарипов, Д.А. Галимов, С.Д. Рудаков – №SU 1778130; Заявл. 02.07.1990; Опубл. 30.11.1992. – Бюл. 1992. № 44. 3 с.
3. Зоценко М.Л., Винников Ю.Л., Зоценко В.М. Бурові грунтоцементні палі, які виготовляються за бурозмішувальним методом: монографія: Харків: Друкарня Мадрид, 2016. 94 с.
4. Несмелов А.А. Григорьева Т.В., Хузаянов Р.Х. Подготовка содержащего углеводороды шлама к биологическому обезвреживанию. *Вестник Казанского технологического университета*. 2012. № 14. С. 177–181.

## ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ОТРИМАННЯ ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ З ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

*Кирпиленко О.О.,  
Рашикевич Н.В., PhD*

*Національний університет цивільного захисту України*

Особливістю твердих побутових відходів (ТПВ) є те, що вони є сумішшю компонентів. Змішування компонентів відбувається на стадії їх утворення, зберігання, перевезення та захоронення. За даними морфологічного складу ТПВ більшу частину складають компоненти, що можуть бути повторно використані. У складі відходів є значний вміст паперу, полімерів, скла, деревини, металу. Данні компоненти є цінною вторинною сировиною, що здебільшого не відбираються на стадії утворення та перевозяться на захоронення на полігони або звалища. На практиці в Україні не має чіткого розмежування між поняттями «полігон» та «звалище» – однаково за хімічною, біологічною та пожежною ознакою відносяться до потенційно небезпечних об'єктів.

Щороку в Україні кількість впроваджень в населені пункти роздільного збирання ТПВ, сміттесортувальних ліній збільшується [1].

Роздільне збирання ТПВ – це метод збирання, за яким ресурсоцінні компоненти ТПВ збираються окремо у спеціальні контейнери для подальшого надходження на перероблення чи повторне використання. Це приведе до зменшення кількості ТПВ, що захороняються на полігонах або звалищах – зменшується вплив на навколишнє природне середовище, за рахунок отримання вторинної сировини економляться природні ресурси.

Проблемним питанням для впровадження роздільного збирання ТПВ є недостатня участь та обізнаність населення. З цінними ресурсними компонентами можуть потрапляти харчові відходи.

Недостатнє влаштування та використання сміттесортувальної лінії, пунктів приймання вторинної сировини становить свої перешкоди в отриманні вторинної сировини з ТПВ.

Особливої уваги потребує підвищення якості послуг з вивезення ТПВ та недопущення вивозу вторинної сировини на об'єкти захоронення ТПВ. Зібрана сировина має сортуватись, пресуватись та передаватись на подальшу переробку саме на спеціалізовані підприємства.

Одними із основних цілей у сфері поводження з побутовими відходами повинно стати активне впровадження системи роздільного збирання, створення потужностей з сортування та переробки твердих побутових відходів з врахуванням їх морфологічного складу, річного обсягу утворення, потреб у вторинних енергетичних та матеріальних ресурсах, органічних добривах, економічних факторів тощо.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Міністерство розвитку громад та територій України. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2020 рік. URL: <https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zhkh/terretory/stan-sfery-povodzhennya-z-pobutovymy-vidhodamy-v-ukrayini-za-2020-rik-2/>.

## ДОВГОВІЧНІСТЬ АКРИЛОВИХ ВИРОБІВ ПРИ ТЕПЛОВОМУ СТАРІННІ

*Кондратьєв А.В.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,*

*Кочанов В.Ю.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,*

*Юреско Т.А.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,*

*Царіцинський А.А.<sup>3</sup>,*

*Набокiна Т.П.<sup>3</sup>, к.т.н., доцент*

<sup>1</sup>Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,

<sup>2</sup>Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,

<sup>3</sup>Національний аерокосмічний університет імені М.С. Жуковського «ХАІ»

Органічне скло (акріл) широко застосовується в багатьох виробничих галузях. Механічні характеристики органічного скла, як і більшості полімерів, значно змінюються з часом під дією ультрафіолетового випромінювання. Вплив температури поширюється на весь об'єм матеріалу [1] і призводить до його «теплого старіння», що необхідно враховувати при проектуванні акрилових виробів [2]. Так у роботі [3] встановлено, що для матеріалу, який мав 10-річний термін експлуатації, зниження міцності досягало 30–50 %. Проведені в роботі [3] натурні 10-річні випробування акрилових виробів не є ефективними, оскільки є вкрай дорогими, а інформація про них запізнюється. У той же час є можливість прогнозування властивостей полімерних матеріалів за методикою прискореного теплового старіння [4]. Метою таких випробувань є дослідження зміни механічних характеристик полімерного матеріалу та прогноз терміну його експлуатації. У роботі [5] виконано прогноз зниження механічних властивостей акрилових виробів за методикою прискореного теплового старіння та визначено вимоги до граничних деформацій акрилового виробу.

Теплове старіння органічного скла можна ототожнити з процесом термічно-окисної деструкції, що протікає з постійною при даній температурі швидкістю. Для цього процесу характерна зміна концентрації одного реагенту або активних радикалів одного виду. Враховуючи це, отримано наступну умову:

$$\ln t_1 = \ln t_2 + \frac{E_0}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right), \quad (1)$$

де  $E_0$  – енергія активації;  $T$  – температура;  $R$  – фізична константа.

Ця умова є формулою екстраполяційного прогнозу довговічності за даними прискореного теплового старіння. Отже, прогнозована довговічність  $t_1$  – це час, протягом якого деформації змінюється на ту ж величину при температурі  $T_1$  старіння в нормальних умовах. Ця величина приймалася за довговічність.

Випробування проводились на зразках циліндричної форми згідно ІЕС 60811-401-2015 при трьох рівнях температури: 40; 70 і 100 °С. Тривалість витримки зразків при кожній температурі становила 2; 5; 10; 20 і 30 діб. За результатами дослідів, отримано середні значення граничних деформацій для кожного температурно-часового режиму. Отримані значення граничних деформацій були основою для побудови кривих допустимої довговічності для різних величин граничної деформації (рис. 1).

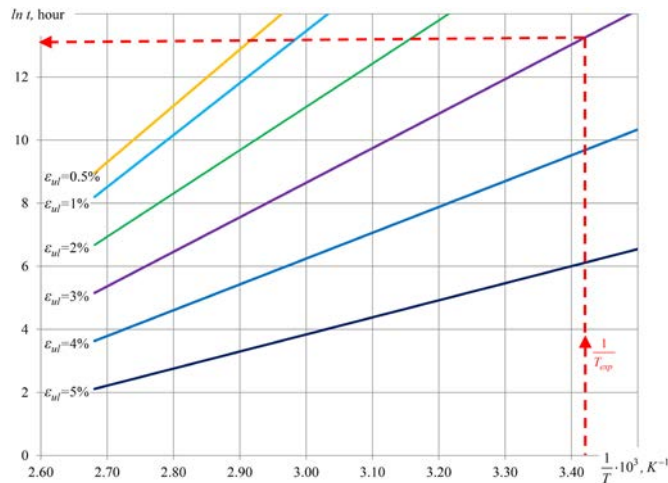


Рис. 1. Криві допустимої довговічності для граничної деформації  $\epsilon_{ul}$ .

В табл. 2 наведено допустимі періоди експлуатації для різних величин граничної деформації та температур експлуатації.

Табл. 2. Допустимі періоди експлуатації

Гранична деформація $\epsilon_{ul}$	2 %	3 %	4 %
Температура експлуатації $T_{exp}$			
0 °C	177 років	46 років	12 років
20 °C	34 роки	12 років	1.5 роки
40 °C	8 років	1.3 роки	76 днів

Якщо нормувати мінімально допустиму при експлуатації граничну деформацію  $\epsilon_{ul}=3\%$  (деформація умовної межі плинності), то час експлуатації матеріалу при температурі 20 °C складе 12 років. Збільшення температури експлуатації до 40 °C знизить ресурс майже вдесятеро і становитиме 1,3 роки. Зниження температури експлуатації до 0 °C збільшує ресурс до 46 років. Таким чином проведені дослідження дозволили визначити припустимий час експлуатації зразків акрилу для різних величин граничної деформації та температур експлуатації.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Ali U., Karim K.J.B.A., Buang N.A. A Review of the Properties and Applications of Poly (Methyl Methacrylate) (PMMA). *Polymer Reviews*. 2015. Vol. 55. P. 678–705. URL: <https://doi.org/10.1080/15583724.2015.1031377>.
2. Thirumala Patil M., Lakshminarasimhan S.N., Santhosh G. Optical and thermal studies of host Poly (methyl methacrylate) (PMMA) based nanocomposites: A review. *Materials Today: Proceedings*. 2021. Vol. 46, Part. 7. P. 2564–2571. URL: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.84>.
3. Stachiw J.D., Society M.T. Handbook of Acrylics for Submersibles, Hyperbaric Chambers, and Aquaria. Best Publishing Company: 2003. 1080 p.
4. Wang F., Wang W., Zhang Y., Du Q., Jiang Z., Cui W. Effect of Temperature and Nonlinearity of PMMA Material in the Design of Observation Windows for a Full Ocean Depth Manned Submersible. *Marine Technology So-ciety Journal*. 2019. Vol 53, Iss. 1. P. 27–36. URL: <https://doi.org/10.4031/mts.53.1.4>.
5. Burdun Y., Kochanov V., Yuresko T. Prediction of the service life of deep-sea conical acrylic portholes at designing. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 1, № 1(103). P. 40–46. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.194584>.



## ДОСЛІДЖЕННЯ АДСОРБЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ ЗБАГАЧЕНОЇ МОНТМОРИЛОНІТОМ ГЛИНИ ХМЕЛЬНИЧЧИНИ

*Кочубей В.В.<sup>1</sup>, к.х.н., доцент,  
Яремчук Я.В.<sup>2</sup>, к.г.н., с.н.с.,  
Мальований М.С.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,  
Ягольник С.Г., к.т.н., доцент,  
Lutek W.<sup>3</sup>, dr.*

<sup>1</sup>Національний університет «Львівська політехніка»,

<sup>2</sup>Інститут геології і геохімії горючих корисних копалин НАН України,

<sup>3</sup>Maria Curie Sklodowska University

Бентоніти – це глинисті породи, які, в основному, складаються із мінералів групи монтморилоніту (ММТ). Монтморилоніти є лабільними мінералами із вираженими катіоно-обмінними властивостями, їхня структура здатна сорбувати активними центрами базальних поверхонь неорганічні сполуки та молекули органічних речовин [1]. Високі іонообмінні, адсорбційні та набухаючі властивості бентонітів зумовлюють широке застосування їх у багатьох галузях промисловості і сільського господарства. Бентоніти використовують для утилізації промислових відходів, зокрема, відпрацьованого ядерного палива, для попередження міграції радіонуклідів та інших токсичних речовин [2], в природоохоронних цілях для очищення стічних вод [3].

Глини є багатокомпонентними системами, вони представлені асоціаціями глинистих і неглинистих мінералів, аморфних органічних сполук та неорганічних речовин. Властивості глин в значній мірі визначаються геологічними умовами їх формування та мінералогічним складом. При розвідуванні нового родовища важливим завданням є виділення домінуючого глинистого мінералу, вивчення його структури, природи катіонообмінного комплексу та адсорбційної здатності.

На Україні знаходиться багато родовищ глин. Особливу увагу привертають ті родовища, які знаходяться у межах промислових агломерацій з напруженою екологічною обстановкою та розвинутою транспортною мережею. До таких родовищ відносять глини з лівого борту верхів'їв річки Південний Буг, які знаходяться в околицях міста Хмельницький. Досліджені відклади не виходять на поверхню, а розкриті лише пошуково-розвідувальними свердловинами. Майданчик безпосередніх інженерно-геологічних вишукувань знаходиться в північно-західній околиці міста Хмельницького, в напрямку села Олешин. Поблизу міста Хмельницького знаходиться чимало промислових об'єктів, які чинять негативний вплив на довкілля.

Досліджувану породу збагачували глинистою складовою шляхом седиментації грубодисперсної фази. Для цього породу відмучували в дистильованій воді за співвідношення твердої і рідкої фаз 1:10. Отриману суспензію відстоювали впродовж 20 хв і відбирали верхній шар, який містив лише глинисті частинки. Збагачення глинистої складової породи монтморилонітом проводили шляхом центрифугування суспензій глини з відокремленням фракції  $\leq 0,5 \cdot 10^{-6}$  м.

За результатами рентгенофазового аналізу (дифрактометр АДП-2.0, FeK $\alpha$ , Mn-фільтр; I-12 мА, U-30 кВ) високодисперсна фракція глинистої породи  $\leq 0,5 \cdot 10^{-6}$  м є близькою до мономінеральної. Вона представлена монтморилонітом із незначними домішками гідролуїди та каолініту. Монтморилоніт виявлений за поведінкою рефлексу (001), який проявлявся на дифрактограмі повітряно-сухого препарату у вигляді широкої лінії в інтервалі 1,46–1,54 нм. Значення d/n відповідали розміщенню в міжшаровому просторі структури мінералу обмінних катіонів Ca<sup>2+</sup> і Mg<sup>2+</sup>. При насиченні мінералу органічними сполуками міжшарова віддаль зростала, що відповідало

введенню в міжшаровий проміжок двох молекул адсорбату. Набір ліній на схилі основного рефлексу в області малих кутів свідчив про координацію обмінними катіонами в лабільних проміжках монтморилоніту природної органічної речовини.

Результати рентгенофазового аналізу підтверджувались даними комплексного термічного аналізу (дериватограф Q-1500 системи «Паулік–Паулік–Ердей»). Втрата маси зразка збагаченої глини в області температур 20–220 °С відповідала виділенню міжшарової води, координованої обмінними катіонами  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ . В температурному інтервалі 376–604 °С відбувалось руйнування мінералу з виділенням конституційної води та згоранням природної органічної речовини, інтеркальованої в міжшарові проміжки монтморилоніту. Невисока термічна стійкість монтморилоніту зумовлена присутністю іонів  $\text{Fe}^{3+}$  в октаедричних позиціях мінералу [4].

Для визначення катіонообмінної ємності (КОЄ) збагаченої глини фотоколориметричним методом була досліджена адсорбція катіонного барвника метиленового блакитного. Катіонний обмін є основним механізмом, який лежить в основі сорбції бентонітами органічних катіонів. На здатність органічних катіонів розміщуватись в міжшаровому просторі ММТ в значній мірі впливає їх розмір, заряд силікатного шару, доступність лабільного простору. За результатами досліджень катіонообмінна ємність збагаченої глини становила 0,78 ммоль/г. Деяко занижене значення КОЄ зумовлене присутністю в лабільних проміжках ММТ природної органічної речовини.

На основі проведених рентген-дифрактометричних досліджень виявлено, що органомонтморилоніт, отриманий при адсорбції барвника МБ, має складну структуру. В ньому присутні проміжки, в яких відбувся обмін неорганічних катіонів на іони метиленового блакитного. Також є проміжки, заповнені природною ОР і частково інтеркальовані іонами метиленового блакитного. В структурі кристалітів також знаходяться проміжки, в яких не відбувся іонний обмін і зберігся природний обмінний комплекс іонів  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ .

Здатність дослідженої глинистої породи Хмельниччини поглинати катіонні форми органічних сполук рекомендується використовувати в природоохоронних цілях для вилучення із стічних вод шкідливих для навколишнього середовища органічних сполук, для облаштування протифільтраційних екранів на полігонах та звалищах, а також для проведення екологічних заходів, спрямованих на ліквідацію аварій та відновлення територій.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Mishra A.K. Bentonite: Characteristics, Uses, and Implications for the Environment. New York : Nova Publishers, 2015. P. 184.
2. Дудар Т.В., Бугера С.П., Кадошников В.М., Злободенко Б.П. Бар'єрні властивості природних глинистих мінералів. *Вісник НАУ*. 2009. № 1. С. 56–60.
3. L. Borgnino, M.J. Avena, C.P. De Pauli. Synthesis and characterization of Fe(III) montmorillonites for phosphate absorption. *Colloids and Surfaces A: Physicochem Eng. Aspects*. 2009. № 341. P. 46–52.
4. Горюшкин В.В. Технологические свойства бентонитов палеоцена Воронежской антеклизы и возможности их изменения. *Вестник Воронежского университета. Геология*. 2005. № 1. С. 166–177.

**ПИТАННЯ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ПОРУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ**

*Крушельницький Д.А.,  
Рашкевич Н.В., PhD*

*Національний університет цивільного захисту України*

Рекультивация – це комплекс робіт з екологічного та економічного відновлення земель, родючість яких в результаті людської діяльності істотно знизилася. Метою проведення рекультивации є поліпшення умов навколишнього середовища, відновлення продуктивності порушених земель.

Рекультивация земель складається з наступних робіт:

- роботи з проектування, лабораторного хімічного дослідження та картографування земель;
- робіт зі зняття, транспортування і складування родючих земель;
- вирівнювання поверхні;
- нанесення збагаченого шару;
- очищення від виробничих відходів;
- внесення корисних добрив;
- посів фітомеліоративної рослинності.

Залежно від цілей, які ставляться при рекультивации земель, найчастіше використовуються такі напрями відновлення порушених земель:

– сільськогосподарський (має перевагу поширення у сільськогосподарських районах із сприятливими ґрунтово-кліматичними умовами в густо населених районах з низькою часткою ріллі на душу населення і з наявністю родючих ґрунтів або потенційно родючих розкривних порід);

– лісогосподарський (має перевагу поширення в лісовій зоні з метою збільшення лісового фонду або в умовах складного технологічного рельєфу, де неможлива сільськогосподарська рекультивация);

– водогосподарський (передбачає використання кар'єрних виїмок та інших техногенних знижень для різноманітних водоймищ, у тому числі рибницьких, а також для плавальних басейнів та ін.);

– рекреаційний (доцільний поблизу великих населених пунктів у поєднанні з водогосподарською рекультивациєю. Для цієї мети можуть бути використані внутрішні та зовнішні відвали розкривних порід, які малопридатні для сільськогосподарської рекультивации);

– санітарно-гігієнічний (можливий в усіх зонах поблизу населених пунктів і промислових підприємств у випадку необхідності біологічної або технічної консервації порушених земель, які негативно впливають на навколишнє природне середовище або рекультивация яких з подальшим використанням рекультивованих земель у народному господарстві неефективна);

– будівельний (передбачає приведення порушених земель до стану, придатного для промислового і цивільного будівництва. Його можна використати поблизу населених пунктів будь-якої зони на породах, які за своїми фізико-механічними властивостями відповідають будівельним нормам і правилам).

За експертними оцінками в Україні значна кількість об'єктів захоронення твердих побутових відходів (ТПВ) – полігонів, звалищ – перевантажені, не відповідають нормам екологічної безпеки та потребують заходів відновлення – рекультивации [1]. Рекультивация проводиться з особливою ретельністю, так як необхідно очистити досить велику площу мертвої зони.

Особливістю процесу рекультивациі території об'єктів захоронення ТПВ є:  
– повне видалення екологічно небезпечних ґрунтів і заміну їх на екологічно чисті;

– дегазація, демеркуризація і дезактивація ґрунтів;  
– заходи з придушення процесів метаноутворення в ґрунтовій товщі (аерація насипних масивів, газовий дренаж, пристрій газонепроникних екранів);

Роботи із рекультивациі мають починатися на стадії експлуатації об'єктів.

У більшості випадків проектом рекультивациі земель після закриття полігонів, звалищ ТПВ передбачений сільськогосподарський, лісогосподарський напрями рекультивациі. Будівельний напрямок можливий через 25–30 років після рекультивациі за умови відсутності утворення фільтрату [2].

Дослідження науковців свідчать, що повторне використання рекультивованих звалищних ґрунтів може бути раціональним та ефективним лише у разі правильного вибору напрямку відновлюваних робіт на порушених землях. Напрями обирають на основі комплексного обліку таких чинників:

- природні умови району;
- стан порушених земель до моменту рекультивациі (характер техногенного рельєфу, ступінь природного заростання та ін.);
- мінералогічний склад, водно-фізичні та фізико-хімічні властивості ґрунтів;
- агрохімічні властивості (вміст поживних речовин, кислотність, наявність токсичних речовин та ін.) порід і їх класифікація за придатністю для біологічної рекультивациі;
- інженерно-геологічні та гідрологічні умови;
- господарські, соціально-економічні, екологічні та санітарно-гігієнічні умови;
- термін служби рекультивацийних земель (можливість повторних порушень і їх періодичність);
- технологія і механізація гірничих і будівельно-монтажних робіт.

Правильний вибір напрямку рекультивациі повинен передбачати єдину мету – раціональне повторне використання порушених земель.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Міністерство розвитку громад та територій України. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2020 рік. URL: <https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zhkh/terretory/stan-sfery-povodzhennya-z-pobutovymy-vidhodamy-v-ukrayini-za-2020-rik-2/> (дата звернення 01.02.2022 р.).

2. ДБН В.2.4-2-2005 «Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування». URL: <http://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2017/03/DBN-V.2.4-2-2005.pdf> (дата звернення 01.02.2022 р.).

## ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ, ПОВ'ЯЗАНИХ ІЗ ПОШИРЕННЯМ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН У ВОДНІ ОБ'ЄКТИ

*Лобойченко В.М., д.т.н., професор,*

*Бондаренко А.Ю.*

*Національний університет цивільного захисту України*

Водні ресурси є одним з життєво важливих компонентів гідросфери та необхідною складовою функціонування екосистем природного та антропогенного походження. Велика кількість користувачів (промисловість, сільське і комунальне господарства) щоденно користуються водою з річок, озер, водосховищ, водоносних горизонтів. Також використовують не саму воду, а її енергію, водну поверхню або водоймище загалом (гідроенергетика, водний транспорт, рибництво). Водойми мають велике значення для рекреаційних цілей [1]. Порушення навколишнього середовища внаслідок антропогенної діяльності призводить не лише до погіршення стану природних екосистем, але й може бути причиною погіршення умов життєдіяльності людей. Надзвичайні ситуації є однією з причин порушення довкілля. Так, потрапляння в навколишнє середовище забруднюючих речовин понад ГДК спричиняє надзвичайні події, або, за певних умов, надзвичайні ситуації техногенного характеру [2, 3].

Попередження надзвичайних ситуацій є важливим завданням як при забезпеченні цивільної безпеки, так і екологічної безпеки територій [4, 5]. В умовах малих населених пунктів, де часто складно вжити заходи з ліквідації надзвичайних ситуацій внаслідок технічного чи економічного обмеження, наявність підходів до своєчасного попередження подібних надзвичайних ситуацій є дуже важливою [6]. Саме тому актуальним питанням є дослідження умов попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із поширенням забруднюючих речовин в довкіллі, зокрема, у водні об'єкти, для подальшої розробки методики попередження відповідних надзвичайних ситуацій.

Як перший етап роботи досліджено особливості стану водних об'єктів низки малих населених пунктів Близнюківського та Лозівського районів Харківської області.

Використано параметр електропровідності для отримання даних щодо стану досліджуваних ставків та річки зазначених районів Харківської області [4, 5]. Це експресний та інформативний параметр, що в як безпосередньо на місці, так й у лабораторних умовах дозволяє отримати інформацію щодо об'єкта. Обладнання для рутинного визначення електропровідності є недорогим, з інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом, що дозволяє казати про можливість його широкого застосування. В умовах попередження розповсюдження надзвичайних ситуацій останній чинник виступає важливим чинником скорочення часу та вжиття подальших необхідних заходів.

Отримані результати наведено на рис. 1. В роботі визначено електропровідність води ставків с. Близнюки (рис. 1, т. 1), с. Водяне (рис. 1, т. 2), с. Софіївка (рис. 1, т. 4) та річки Тернівка с. Ганно-Рудаєве (рис.1, т. 3).

Як видно з представлених даних, водні об'єкти Лозівського району характеризуються більш високими значеннями електропровідності, порівняно з Близнюківським районом. Найнижчі з досліджуваних значення електропровідності води річки Тернівки можуть свідчити про незначну роль поверхневого стоку з території Близнюківського району в формуванні електропровідності води річки.



**Рис. 1.** Значення електропровідності досліджуваних водних об'єктів Близнюківського (1, 3) та Лозівського (2, 4) районів Харківської області.

Високі значення електропровідності для води всіх трьох ставків вказують на підвищену мінералізацію ґрунтів або підземних вод цих районів (за припущенням наявності їх вкладу в живлення цих ставків). Для води ставка с. Водяне спостерігається найвище значення електропровідності. Це може вказувати на потенційне забруднення природного чи техногенного характеру води цього ставка та необхідність більш детального вивчення чинників формування такого значення електропровідності.

Подальше дослідження передбачає визначення небезпечних чинників, що можуть спричинити виникнення надзвичайної ситуації, отримання коефіцієнтів ідентифікації води досліджуваних водних об'єктів та розробку методики попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із поширенням забруднюючих речовин у водні об'єкти невеликих населених пунктів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Білявський Г.О та ін. Основи екологічних знань. К.: Либідь, 200. 336 с.
2. Національний класифікатор ДК 019:2010 «Класифікатор надзвичайних ситуацій». [Чинний від 01.01.2011]. Київ, 2010. 19 с.
3. Порядок класифікації надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру за їх рівнями: Постанова Кабінету Міністрів України від 24 березня 2004 р. № 368. URL: <https://www.kmu.gov.ua/nras/5390215>.
4. Лобойченко В.М. Формування методики ідентифікації передумов поширення надзвичайних ситуацій унаслідок накопичення шкідливих речовин на хімічних об'єктах. *Комунальне господарство міст*. 2020. 1(154). С. 298–305. URL: <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/5568>.
5. Strelets V., Loboichenko V., Leonova N., Shevchenko R., Telelim V., Strelets V., Shevchenko O., Burmenko, O. Analysis of the Influence of Anthropogenic Factors of the Urbanized Territory of Poltava Region (Ukraine) on the State of River Water. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2022. 23(2). P. 185–192. <https://doi.org/10.12912/27197050/146019>.
6. Лобойченко В., Капустник А. Щодо окремих процедур при реалізації методики попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру, пов'язаних з поширенням хімічних речовин в межах малих міст. Conference Proceedings of the 2nd International Scientific Online Conference Topical Issues of Society Development in the Turbulence Conditions (May 25, 2021, Bratislava, Slovak Republic). The School of Economics and Management in Public Administration in Bratislava. 2021. С. 237–243.



**ЩОДО РОЗРОБКИ ІНСТРУКЦІЇ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ОПЕРАТОРА  
ЗЕРНООЧИСНОГО КОМПЛЕКСУ МОДЕЛІ БСХ-100 НА СТОВ «НАДІЯ»  
(ХАРКІВСЬКА ОБЛАСТЬ)**

*Лобойченко В.М., д.т.н., професор,*

*Буравель Д.С.*

*Національний університет цивільного захисту України*

Розвиток агропромислового сектору в Україні та в світі в цілому змушує більш детально приділяти увагу всім складовим елементам цього процесу. В тому числі, питання забезпечення охорони праці при проведенні різних видів сільськогосподарських робіт. Поява нового, сучасного обладнання, освоєння нових методів ведення сільськогосподарства також є тими чинниками, що вказують на необхідність ретельного дослідження особливостей забезпечення безпеки працівників в процесі трудової діяльності. Документальна регламентація питань охорони праці є необхідною складовою цього процесу. Як наслідок, актуальним питанням є розробка нових та вдосконалення існуючих інструкцій з охорони праці робітників, задіяних в сільськогосподарській галузі.

Мета роботи – визначити необхідні елементи та розробити інструкцію з охорони праці для визначеного зерноочисного комплексу на прикладі окремого сільськогосподарського підприємства.

В роботі досліджено діяльність СТОВ «Надія». Це сільськогосподарське товариство з обмеженою відповідальністю, розташоване в Харківській області, основною діяльністю якого є вирощування зернових та технічних культур: зернових культур на зерно для продовольчого споживання, на корм та на насіння; фабричного цукрового буряку; насіння та плодів олійних культур – сої, соняшнику, рапсу для продовольчого споживання, технічних цілей, а також на насіння; однорічних і багаторічних трав на зелений корм, випас, сіно, сінаж і силос.

Також це господарство спеціалізується на вирощуванні: озимої пшениці, озимого ріпаку, кукурудзи, соняшнику. На СТОВ «Надія» розроблена своя технологія по вирощуванню даних культур, яка з року в рік удосконалюється з урахуванням різних факторів, що впливають, як на урожайність, так і на зменшення собівартості культури.

Господарство також займається різними видами сільськогосподарської діяльності після збору врожаю, зокрема, обробкою і підготовкою насіння для розмноження.

СТОВ «Надія» відповідає статусу малого підприємства, маючи середньорічну кількість робітників 23 особи. Функції служби охорони праці на підприємстві виконує один працівник – інженер з охорони праці, особа за сумісництвом, яка розробляє та впроваджує на СТОВ «Надія» систему управління охороною праці (СУОП).

На малому підприємстві СУОП, зазвичай, значно простіша, порівняно з великим. Але ефективність цієї системи, в першу чергу, залежить від участі в її функціонуванні роботодавця та всіх працівників.

На СТОВ «Надія» приділяється належна увага створенню безпечних умов праці. Значна частина робіт, що виконують на підприємстві, є роботами підвищеної небезпеки.

СУОП на підприємстві можна вважати ефективною, нещасні випадки внаслідок впливу шкідливого або небезпечного виробничого чинника відсутні.



**Рис. 1. Зовнішній вигляд сепаратора БСХ-100.**

Однією з важливих завдань в діяльності СТОВ «Надія» є збільшення виробництва зерна. До основних його етапів відноситься післязбиральна обробка, що полягає в очищенні, сушінні та зберіганні зерна. Очищення та сортування насінневих матеріалів зернових культур здійснюється на зерноочисному комплексі - сепараторі моделі БСХ-100 (рис. 1).

У собівартості виробництва зерна частка очищення і сортування при післязбиральній обробці не перевищує 10 %. Але відмова від цих операцій або неякісне виконання їх призводить до значних втрат, вартість яких може значно перевищувати ціну витрат на їх проведення. Відповідно, обладнання (сепаратор) для післязбиральної обробки зерна повинно мати високу продуктивність, бути зручним в експлуатації, відповідати агротехнічним вимогам і санітарним нормам. Як наслідок, забезпечення безпечних умов праці на цьому робочому місці не можливо без проходження оператором своєчасного навчання відповідно до нормативних актів та використання інструкції з охорони праці [1–3].

В роботі розроблено інструкцію оператора зерноочисного комплексу БСХ-100 на даному підприємстві. Вона містить повний перелік завдань та обов'язків, повноважень, відповідальності, зокрема з охорони праці, з урахуванням особливостей функціонування цього зерноочисного комплексу.

Для покращення СУОП на СТОВ «Надія» інженеру з охорони праці доцільно також отримувати від працівників пропозиції щодо поліпшення умов праці, залучати їх під час оцінки професійних ризиків, обговорювати з працівниками інциденти, що могли призвести до нещасного випадку.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Про затвердження Положення про розробку інструкцій з охорони праці. Наказ Міністерства праці та соціальної політики України № 9 від 29.01.1998 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0226-98#Text>.
2. Примірні інструкції з охорони праці під час післязбиральної доробки зерна ПІ 2.0.00-083-1999. Наказ Мінагропрому України №368 від 15.12.1999. URL: [https://dnaop.com/html/3192/doc-%D0%9F%D0%86\\_2.0.00-083-1999](https://dnaop.com/html/3192/doc-%D0%9F%D0%86_2.0.00-083-1999).
3. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Наказ Міністерства палива та енергетики України № 258 від 25.07.2006. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1143-06#Text>.

## ВУГІЛЬНА ШАХТА ЯК ГІРНИЧЕ ПІДПРИЄМСТВО ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

*Малько О.Д., к.військ.н., доцент,  
Колошко Ю.В.*

*Національний університет цивільного захисту України*

Згідно з Наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду 22.03.2010 № 62 «Правила безпеки у вугільних шахтах», вугільна шахта є гірничим підприємством підвищеної небезпеки, під час виробничої діяльності в підземних виробках якої можуть виникнути небезпечні та шкідливі виробничі чинники від дії яких працівники мають бути захищені [1]. Небезпечні чинники, які можуть виникнути під час виробничої діяльності в підземних виробках, створюють реальну загрозу виникнення аварій, що часто набувають масштабів надзвичайної ситуації техногенного характеру.

Реальну загрозу виникнення надзвичайної ситуації (далі по тексту – НС) техногенного характеру на вугледобувному підприємстві спричиняє наявність факторів, що можуть спричинити виникнення вибуху і пожежі. За цією ознакою вугледобувна шахта відноситься до категорії «А» (вибухонебезпечні виробництва). Категорія виробництва «А» (вибухові і пожежонебезпечні) – горючі гази, нижня межа вибуховості яких не більше 10 % від об'єму повітря; рідини з температурою займання до 28 °С за умови, що ці гази і рідини здатні утворювати вибухонебезпечні суміші; горючі гази, нижня межа вибуховості, яких не більше 10 % від об'єму повітря; за умови, що ці гази і рідини здатні утворювати вибухонебезпечні суміші в об'ємі, який перевищує 5 % об'єму приміщення; речовини, що здатні вибухати і горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним [2].

Основними небезпечними виробничими факторами у шахтах що призводять до аварій є: метан та вугільний пил; раптові викиди газу і породи; самозаймання вугілля та загоряння вугільного пилу. Найбільш тяжкими за наслідками в гірничих виробках вугільних шахт є вибухи газопилових сумішей (далі – вибухи). Під час видобутку кам'яного вугілля вивільняється «рудниковий газ», він же метан. У різних формах метан може міститися в самому вугіллі, і лише в процесі видобування він виділяється і змішується з повітрям.

Вугільна шахта є надкатегорійною за метаном. Починаючи з концентрації метану в повітрі в 4,5 %, може статися сильний вибух. Вибух метаноповітряної суміші здатний привести до додаткового вибуху вугільного пилу в повітрі, що може призвести до катастрофи значно більших масштабів. В екстремальних випадках такий вибух може зачепити всю шахтову конструкцію. Характеристика метану як вибухової суміші наведена в табл. 1 [3].

**Табл. 1. Характеристика метану як вибухової суміші**

Назва рідин і газів	Межі вибухової концентрації, об'єми, %	Точка загорання парів, °С	Відносна щільність парів і газів (щільність повітря)	Максимум тиску вибуху, кН/м <sup>2</sup>	Температура спалахування, °С
Метан	5,0–15,0	–	0,55	–	538

Пиловибухобезпека гірничих виробок – стан гірничих виробок, що оцінюється в аспекті можливих вибухів вугільного, сульфідного, сірчаного пилу. Пил, як один із головних небезпечних чинників у вугільних шахтах, утворюється і надходить у повітря під час усіх робіт, пов'язаних із бурінням, відбиванням; накиданням, транспортуванням і перевантаженням вугілля. Основним джерелом займання пилу є нагріті газоподібні продукти, що утворюються під час вибухових робіт. Найнебезпечніший сульфідний пил, що має в своєму складі фракції від 10–100 мкм. Пил з дисперсністю вищою 250 мкм практично вибухобезпечний. Якщо вологість пилу набуває значення 9–9,5 % пил також стає вибухобезпечним.

Однією із найнебезпечніших шахт в Україні з раптових викидів газу-метану є шахта імені О. Ф. Засядька (м. Донецьк). На шахті відбулася ціла низка катастрофічних аварій із масовою загибеллю та травмуванням людей. 18 листопада 2007 року на шахті сталася найбільша аварія, яка відбулася на українських вугільних підприємствах від часу здобуття незалежності. Внаслідок вибуху метаноповітряної суміші загинув 101 гірник і десятки гірників отримали поранення. Великомасштабні аварії, із загибеллю гірників на шахті відбулися у серпні 2001 року, коли в результаті вибуху загинули 55 гірників і 34 отримали поранення та в липні 2002 року, внаслідок якої загинули 20 шахтарів і 2 отримали серйозні поранення [4].

Наведені дані свідчать про високу ступінь пожежовибухової небезпеки вугледобувних шахт, що зумовлює необхідність удосконалення профілактичних заходів щодо зменшення ризику виникнення на них аварій. Першочерговими заходами зменшення ризику виникнення аварій є широкомасштабна попередня дегазація вугільних пластів, посилення контролю за провітрюванням, дотриманням вимог пилогазового режиму, станом гірничих виробок, забезпеченням очисних та підготовчих забоїв необхідною кількістю повітря, експлуатацією апаратури автоматичного газового захисту, наявністю засобів пиловібухозахисту в підземних виробках. Важливими є заходи поліпшення умов і охорони праці шахтарів, шляхом диференціації страхових тарифів на загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, залежно від стану умов і безпеки праці, рівня виробничого травматизму.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Правила безпеки у вугільних шахтах: наказ Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 22.03.2010 № 62. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z\\_0398-10#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z_0398-10#Text).
2. Про прийняття національного стандарту ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою»: наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 15.06.2016 № 158. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0158858-16#Text>.
3. Безпека та гігієна праці під час розробки вугільних родовищ підземним способом. URL: [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_protect/---protrav/---safework/documents/normativeinstrument/wcms\\_626198.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/normativeinstrument/wcms_626198.pdf).
4. Матеріал з Вікіпедії – вільної енциклопедії. Категорія: Аварії на вугільних шахтах України. Сторінки в категорії «Аварії на вугільних шахтах України». URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki>.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕРМІЧНОГО ТА ХІМІЧНОГО МОДИФІКУВАННЯ КРИСТАЛІЧНОЇ СТРУКТУРИ КЛИНОПТИЛОЛІТУ НА ЙОГО АДСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ

*Мальований М.С.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,*

*Одноріг З.С.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,*

*Тимчук І.С.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,*

*Дзюрах Ю.М.<sup>1</sup>, PhD,*

*Lutek W.<sup>2</sup>, dr.*

<sup>1</sup>*Національний університет «Львівська політехніка»,*

<sup>2</sup>*Maria Curie Skłodowska University*

В стічних водах гальванічних цехів приладо- та машинобудівних підприємств знаходяться в розчинному вигляді іони хрому, кадмію, нікелю, міді або цинку в залежності від способу покриття деталей. За даними [1] такі стоки можуть містити від 80–100 г/дм<sup>3</sup> (концентровані відпрацьовані розчини ванни травлення) до 10 г/дм<sup>3</sup> (промивні води ванни промивання) іонів міді.

Важкі метали володіють високим токсичним, канцерогенним та мутагенним впливом на живі організми. Одним із перспективних методів вилучення таких домішок із води є сорбційне очищення, зокрема іонний обмін, який дозволяє, з одного боку покращити екологічну обстановку, а з іншого – утилізувати цінні компоненти, зокрема мідь та цинк. Іонний обмін представляє собою стехіометричне заміщення іонів матриці на іони розчину електроліту однакового заряду. Тому в будь-який момент часу електричний заряд матриці має бути компенсований еквівалентним зарядом катіонів, що обмінюються. Цей процес регулюється величиною електричного дифузійного потенціалу. Широке застосування такого методу стримується внаслідок недостатнього асортименту та ефективності відомих сорбентів. На наш погляд, в якості іонообмінника цілком можливо використовувати такі природні мінерали як цеоліти, зокрема клиноптилоліт.

Для досліджень використовувався клиноптилоліт Сокирницького родовища. Вибрані такі методи попередньої обробки мінералу як термічна активація (200, 400 та 700 °С) та модифікація хімічними реагентами (HCl, NaCl, KCl, NaOH, KOH за різних концентраційних умов). Експерименти проводили в статичних умовах в апараті ідеального перемішування. Аналізи проводили об'ємним та фотоколориметричним методами.

Хімічна модифікація використовувалася з метою збільшення об'єму пор цеоліту і активізації центрів обміну. Проте кислотна модифікація погіршує сорбційні властивості клиноптилоліту щодо іонів перехідних металів цинку та міді. Це можна пояснити так. Вже за умови низьких концентрацій в маточний розчин переходять обмінні катіони, а при концентрації більше 1 М починає вимиватися і тетраедричний алюміній, а кислота руйнує кристалічну структуру.

Хоча луг так само є жорстким модифікатором, але згідно результатів наших експериментів, сорбційна ємність зростає вдвічі у випадку обробки NaOH. Різниця між ємностями Na<sup>+</sup>- та K<sup>+</sup>- формами клиноптилоліту, на нашу думку, пов'язана із розмірами ефективних радіусів гідратованих іонів Na<sup>+</sup> та K<sup>+</sup>. В загальному помітно, що переведення клиноптилоліту в H<sup>+</sup> - форму погіршує, а в Na<sup>+</sup> - форму покращує сорбційні властивості даного мінералу щодо іонів міді.

Встановлено, що сорбційна здатність клиноптилоліту щодо іонів цинку у природних та хімічно активованих зразках є вельми невисокою, тому подальші дослідження щодо цинку не проводились.

Як відомо, клиноптилоліт є термічно стійким. Результати наших досліджень показали, що іонообмінна ємність мінералу знижується за умови прокалювання за 400 °С. Кристалічна ґратка починає деформуватися, алюмокремнійкисневі кільця (вхідні вікна) викривлюються, можливо зменшується кількість активних центрів. Це підтвердили рентгеноструктурні аналізи - інтенсивність піків поступово спадає.

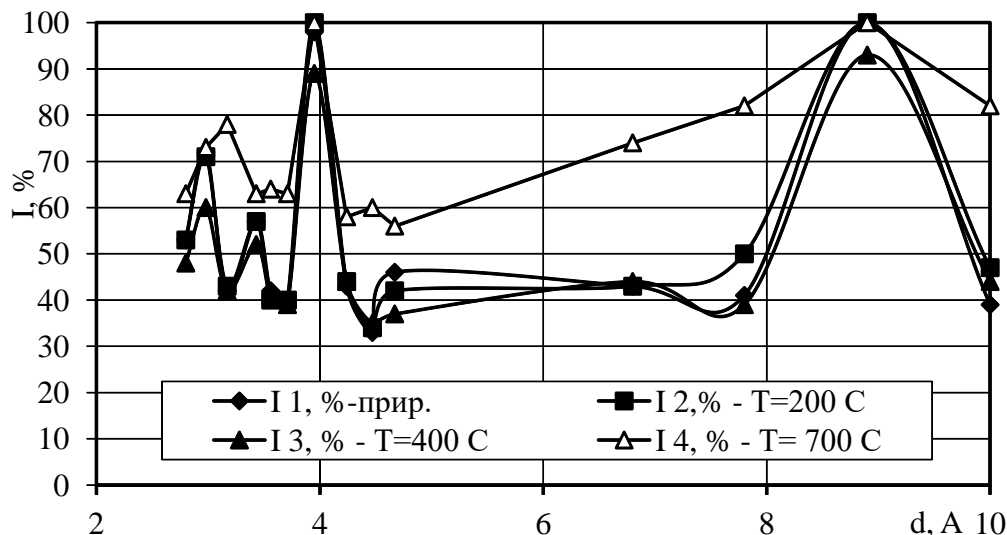


Рис. 1. Рентгенограма термічно активованих зразків клиноптилоліту.

За умови прокалювання за 700 °С мінерал аморфізується і його можна трактувати як гейландит.

Враховуючи те, що природний клиноптилоліт є в десятки раз дешевшим за синтетичні сорбенти, а також враховуючи наявність потужного родовища природних цеолітів в Україні та існуючі виробництва первинної підготовки цеолітів (видобуток, подрібнення, класифікація), відпадає можливість його регенерації за умови використання як іонообмінника. Тому подальші дослідження велися на природній формі клиноптилоліту.

Нами встановлено оптимальні умови проведення процесу іонного обміну в апараті ідеального перемішування: співвідношення Т:Р = 1:10, фракційний склад 0,5–1 мм, тривалість процесу 1 година за умови початкової концентрації міді в розчині 1 г/д м<sup>3</sup>.

Очищену воду можна повторно використовувати для промивання деталей після нанесення гальванічного покриття. Цеоліт, насичений катіонами міді, можна використовувати як інертний носій каталізатора і як мікродобриво пролонгованої дії.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Зубченко В.Л., Захаров В.И., Рогов В.М. и др. Гибкие автоматизированные гальванические линии: Справочник. Москва: Машиностроение. 1989. 672 с.



**ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕКИ І ГІГІЄНИ ПРАЦІ НА ПОМИСЛОВОМУ ПІДПРИЄМСТВІ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ***Петрищев А.С.<sup>1</sup>, к.т.н, доцент,**Цимбал Б.М.<sup>2</sup>, к.т.н.**<sup>1</sup>Національний університет «Запорізька політехніка»,**<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України*

Галузі економіки, яким властиві високі рівні професійного ризику, вимагають особливої уваги до формування дієвих систем охорони праці. До них належать промислові підприємства, що мають високий рівень виробничого травматизму і професійних захворювань, пов'язаних із умовами технологічного процесу. До таких галузей належать металургійна промисловість, а також металообробне та машинобудівне виробництва. При цьому гостро стоїть проблема невідповідності умов праці гігієнічним вимогам. А критичний стан техніки і недосконалість існуючих технологій є фактором підвищеного ризику для життя та здоров'я працюючих.

Експлуатація на робочому місці промислового обладнання з вузлами, що обертаються (наприклад, станки для шліфування) супроводжується небезпекою для персоналу ураження частками з високою швидкістю та кінетичною енергією. В такому випадку для підвищення рівня безпеки увага приділяється конструкції корпусу обладнання. Здійснюються заходи щодо виявлення особливостей його будови та запропонування рішень, щоб при руйнуванні абразивного круга утворювані частки залишалися в межах робочої зони без травмування працівників.

У випадку з гірничо-видобувною та металургійною промисловістю важливим аспектом безпеки є екологічна складова, що набуває все більшої значущості у сучасному світі. Особливо актуальним є розробка спільних методологічних підходів з врахуванням міжнародного досвіду при залученні наукової спільноти та провідних фахівців. Небезпечні та шкідливі фактори як в гірничо-видобувній, так і в металургійній галузях в багатьох випадках збігаються та обумовлюються підвищеним рівнем шуму, вібрації, а також запиленістю та загазованістю середовища робочої зони. В свою чергу виробничі процеси при використанні обладнання під тиском характеризуються вибухонебезпечкою. Хімічно токсичні речовини при потраплянні в навколишню атмосферу можуть утворити небезпечну отруйну суміш в повітрі та уразити як самих працівників, так і населення на прилеглих територіях. Для зниження рівня зазначених вище небезпек використовуються сучасні методи та засоби захисту. До них належать гігієнічні, технологічні, організаційні, індивідуальні. Здійснюється вдосконалення електробезпеки, вентиляції та вибухозахисту.

Небезпека для працюючих металургійної галузі пов'язана із дією інтенсивного інфрачервоного випромінювання, обумовленого високотемпературними технологічними процесами. Температура робочої зони в приміщеннях прокатних та металургійних цехів може складати від 35 °С до 50 °С. Потужними джерелами виділення тепла є печі, розплавлений метал, залишки шлаку та інше технологічне обладнання. Шкідливий вплив високої температури повітря робочого простору виробничих приміщень проявляється особливо при важкій фізичній роботі. При цьому страждають серцево-судинна система, органи дихання, а також водний і сольовий баланс організму. Температура тіла в результаті такого впливу може зростати до 38–39 °С. Втрати води організмом працюючого за зміну в окремих випадках можуть складати 5–8 л за зміну (приблизно від 7 до 10 % від маси тіла).

Разом із тепловим випромінюванням в якості шкідливого фактору в металургійній галузі є значна кількість виробничого пилу із присутністю різноманітних домішок. Підвищена вологість спричиняє підсилення негативної дії відносно високої температури робочого простору. Також не слід забувати про надмірні вібрацію, шум та ультразвук, механічні фактори та електричну небезпеку разом із дією різних видів випромінювання, таких як ультрафіолетове, електромагнітне та інші.

В додаток до цього на працівників чинять вплив несприятливі загальносанітарні умови праці, що обумовлюють небезпечний та шкідливий вплив навколишнього середовища. В числі останніх відсутність потрібних побутових умов, недостатнє або неякісне освітлення, нераціональне облаштування робочого місця, неправильне планування будівель та приміщень. Разом з цим призводить до негативних наслідків неправильна організація робочого процесу, що супроводжується порушеннями режиму праці. Підсилюють шкідливу дію занадто високі нервово-психологічні навантаження, напружена робоча поза, складні темп та ритм праці.

Результати неодноразово проведених досліджень свідчать, що переважна більшість нещасних випадків відбувається в результаті організаційних причин, які є наслідком відсутності системного контролю за дотриманням вимог охорони праці. Також проявляється неякісна робота в сфері реалізації ефективної системи управління охороною праці підприємств.

До переліку найбільш вибухопожежонебезпечних виробництв металургійної галузі належить коксохімічне виробництво. Одним із небезпечних факторів в такому виробництві є коксовий газ, який утворюється в процесі переробки кам'яного вугілля в спеціалізованих печах. В складі такого газу знаходяться метан, водень, оксид вуглецю та інші компоненти. В переліку вибухопожежонебезпечних виробництв також є домене виробництво, де наявні горючі гази, легкозаймисті компоненти та пил. За певних обставин такі речовини можуть самозайматися. Доволі часто на такому виробництві відбуваються вибухи. Причиною останніх стає з'єднання розплавленого чавуну із матеріалами, що мають у своєму складі воду.

Для забезпечення ефективної системи охорони праці на промисловому підприємстві необхідно враховувати багато факторів та аналізувати ризики їх виникнення. При цьому слід дотримуватися деяких базових принципів, що пов'язані із детальною і ретельною ідентифікацією всіх небезпечних хімічних компонентів, що задіяні у виробничому процесі, а також виявленням можливих аварій та причин їх виникнення (загорання, вибухи, потрапляння токсичних речовин в робочий простір, утворення небезпечних сумішей тощо).

Для реалізації безпечної роботи агрегатів та обладнання на промисловому підприємстві формується система управління промисловою безпекою, яка здійснює виконання низки технічних та організаційних заходів, що необхідні для чіткого виконання всіх вимог промислової безпеки, зменшення ризику виникнення аварій, а також постійний моніторинг задовільного технічного стану аварій. При цьому виконується оцінка ризику ураження людей, майна і навколишнього середовища. Контроль за станом екологічної ситуації має тенденцію до посилення в останні роки. Це свідчить про раціональність та практичну значимість створення та реалізацію на промисловому підприємстві системи екологічного менеджменту.

УДК 691.5-047.37:551.510.42

## ЕКОЛОГІНА НЕБЕЗПЕКА ДРІБНОДИСПРЕСНИХ ЧАСТОЧОК БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ЦЕМЕНТУ

*Пономарьова С.Д., к.т.н.,  
Юрченко В.О., д.т.н., професор,  
Пономарьов К.С., к.т.н., доцент*

*Харківський національний університет будівництва та архітектури*

Цемент – тонко подрібнений порошок штучного неорганічного в'язучого, виготовленого з вапняної сировини - один з найпопулярніших будівельних матеріалів. До головних негативних факторів впливу на навколишнє середовище виробництва цементу відноситься пилоутворення та викиди високодисперсного пилу в атмосферу. Найнебезпечнішими для людини та навколишнього природного середовища є дрібнодисперсні суспендовані тверді частинки  $PM_{10}$  – суспендовані тверді частинки з розміром до 10 мкм, та  $PM_{2,5}$  – частинки з розміром менше 2,5 мкм [1].

Ринок сухих будівельних сумішей в Україні в 2020 р. характеризувався активним зростанням [2]. На ринку також з'явилися нові мобільні установки з виробництва сухих будівельних сумішей, які широко використовуються приватними підприємцями. При такому способі виготовлення сухих будівельних сумішей виробничі потужності розміщуються, як правило, на відкритих виробничих майданчиках і пилове забруднення потрапляє безпосередньо в атмосферне повітря. Рівень екологічної небезпеки цих підприємств посилює їх розташування: зазвичай в густо населених містах, для яких рівень забруднення атмосферного повітря пилом цементного виробництва не повинен перевищувати середньодобову ГДК  $0,02 \text{ мг/м}^3$  ( $20 \text{ мкг/м}^3$ ) [3].

Для захисту атмосферного повітря шляхом вловлювання пилу використовують циклони, які мають ефективність уловлювання 85–95 % (частинок більше 10 мкм), рукавні фільтри з ефективністю 95–96 % (частинок більше 1 мкм) [4]. Така ефективність пиловловлюючих установок не забезпечує достатній рівень екологічної безпеки підприємства, як джерела викидів  $PM_{2,5}$  та  $PM_{10}$ .

Метою роботи є встановлення дисперсного складу пилу, що утворюють при виробництві сухих будівельних сумішей (пилу цементу та пилу затирки).

Визначення дисперсного складу пилу виконували методом мікроскопії (вимірюванням частинок), фотографування зразків пилу за допомогою веб-камери при заданні масштабу зображення в CorelDrawGraphics та при обробці фотографій пилу у Corel Draw Graphics Suite 2019. Розрахунок характеристик частинок пилу виконували у програмному продукті ImageJ (програма написана на мові Java). Теоретичні розрахунки та обробку експериментальних даних виконували із застосуванням комп'ютерних програм Microsoft Excel та DisAdp (програма для визначення медіанного розміру частинок  $d_{50}$ ). Експериментально досліджували пил цементу та пил затирки, відібраний після пилоочисного обладнання на лінії фасування.

Як видно (табл. 1), пил цементу та затирки більше ніж на 50 % складається з частинок розміром менше 2,5 мкм, тобто відноситься до  $PM_{2,5}$ , екологічно найнебезпечнішої фракції.

**Табл. 1. Дисперсний склад пилу цементу та затирки**

Вид пилу	Вміст частинок за кількістю, %			
	до 2,5 мкм ( $PM_{2,5}$ )	2,5–10 мкм ( $PM_{2,5-10}$ )	до 10 мкм ( $PM_{10}$ )	10 мкм
Цемент	96,5	3,2	99,7	0,3
Затирка	73,0	26,0	99,0	1,0

Для частинок пилу цементу  $PM_{2,5}$  коефіцієнт округлості становить 0,9 (частинки практично округлої форми – швидше осідають, але легше проникають в легеневу тканину людини). Для  $PM_{10}$  коефіцієнт округлості становить – 0,5 (частинки округлі із значними випуклостями – вони повільно осідають, але дуже важко виводяться з легеневої тканини). Для частинок більше 10 мкм коефіцієнт округлості 0,3 (дуже нерівна поверхня - важко виводяться з легеневої тканини). Коефіцієнт округлості частинок затирки  $PM_{2,5}$  становить 0,9 (округла форма), для  $PM_{10}$  – 0,8 (частинки округлі з випуклостями), для частинок більше 10 мкм – 0,4 (дуже нерівна поверхня).

Найбільша кількість частинок пилу затирки (17 %) – це частинки з розміром 0,7 мкм. Найбільша кількість частинок цементу (20 %) – це частинки розміром 0,2 мкм. Для пилу затирки найбільш вірогідний діаметр  $d_{pr}$  становить від 0,9 мкм до 2,7 мкм, пилу цементу від 0,2 мкм до 0,8 мкм. Різниця між цими розмірами відповідно триразова та чотирьох разова. Це суттєво ускладнює їх уловлювання рукавними фільтрами.

Отже, проведені дослідження показали, що пил сухих будівельних сумішей (цемент та затирка) відноситься до дрібнодисперсного  $PM_{2,5}$ , який є екологічно найнебезпечнішим. Для частинок цементу та затирки в експериментальних дослідженнях встановлені характеристики, необхідні для: розрахунку пилоочисного обладнання (середня округлість, співвідношення сторін, об'ємний коефіцієнт форми частинок). Визначені характеристики пилу цементу та затирки свідчать про проблеми для ефективного уловлювання цього пилу рукавними фільтрами.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Particulate Matter (PM) Pollution. United States Environmental Protection Agency: website. URL: <https://www.epa.gov/pm-pollution/health-and-environmental-effects-particulate-matter-pm> (Last accessed: 20.12.2020).
2. Анализ рынка сухих строительных смесей в Украине : 2020 год. *Pro-Consulting* : веб-сайт. URL: <https://pro-consulting.ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-suhih-stroitelnyh-smesej-v-ukraine-2020-god> (дата обращения: 21.12.2020).
3. Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць : наказ Міністерства охорони здоров'я України від 14.01.2020 р. № 52. Дата оновлення: 14.01.2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0156-20#Text> (дата звернення: 23.10.2018).
4. Ambient air quality and cleaner air for Europe : Directive of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008. № 2008/50/EC. URL: [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008L0050#ntr1-L\\_2008152EN.01001401-E0001](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008L0050#ntr1-L_2008152EN.01001401-E0001) (Last accessed: 25.12.2020).

**ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНІК АКТИВІЗАЦІЇ ПСИХІКИ У РЯТІВНИКІВ  
АВІАЦІЙНОЇ ГАЛУЗІ В ПРОЦЕС ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ***Радул І.Г.<sup>1</sup>, к.психол.н., доцент,**Радул С.Г.<sup>2</sup>, к.пед.н., доцент**<sup>1</sup>Центральноукраїнський державний педагогічний університет  
імені Володимира Винниченка,**<sup>2</sup>Льотна академія Національного авіаційного університету*

Представники небезпечних професій, зокрема рятівники авіаційної галузі пов'язують своє життя з діяльністю в умовах підвищеного ризику, що потребує психологічної підготовленості до дій у нестандартних та особливих ситуаціях. Саме в таких умовах персонал авіаційної індустрії втрачає комунікаційну надійність та адекватність, виявляючи традиційні елементи фрустрації: розгубленість, відсутність вияву емоційної стійкості, сміливості та рішучості, вольових якостей, стійкості до довготривалої монотонної роботи, зниження функцій уваги при реагуванні на інформацію, перехід на рідну мову в екстремальних умовах. Особливу роль відіграє вміння професіонала передбачати розвиток ситуації, випереджати хід подій. Мета навчального процесу підготовки авіаційних фахівців спрямована на те, щоб рятівники під час нестандартної ситуації автоматично виконували операції. Це означає, що необхідно відпрацьовувати сценарії професійної діяльності в екстремальних умовах. Тому основною задачею в процесі професійної підготовки авіа рятівників є необхідність формування готовності персоналу до дій в екстремальних умовах.

Слід також зазначити, що самі по собі екстремальні ситуації також позначаються на особистості та психоемоційному стані того, хто працює під впливом екстремальних факторів. Тому в процесі підготовки авіафахівців до професійної діяльності в екстремальних ситуаціях навчальні курси «Психологія стресу та стресостійкості поведінки», «Психологічне забезпечення службової діяльності», «Психологія безпеки» повинні базуватися на набутті цими фахівцями психологічної підготовленості до діяльності в особливих, екстремальних та аварійних ситуаціях. Мета таких курсів не лише теоретично озброїти майбутніх фахівців знаннями про психологічне здоров'я, але і в практичному освоєні практикумів спрямованих на збереження, загартування та активації власного психічного здоров'я кожного хто задіяний в навчальному процесі.

Завдяки впровадженню технік активізації психіки в процесі професійної підготовки рятівників авіаційної галузі людина, яка практикує ці техніки набуває внутрішньої рівноваги, покращує якості соціального життя. Використання технік активації психіки – це особливий інструмент, який дозволяє швидко внести суттєві зміни у покращенні власного психологічного стану. Завдяки цим технікам людина занурюється у власний світ, встановлює внутрішню рівновагу і усвідомлену стійкість по відношенню до несприятливих впливів. Також активізуються структури які відповідають за образне мислення, творче сприйняття світу відкриваються власні ресурси.

При використанні технік активації увага людини перетворюється в інструмент, за допомогою якого можна змінювати свій психофізіологічний стан. Використовуючи власну увагу відбувається регуляція та управління своїми думками, емоціями, образами, станами і бажаннями. Завдяки таким технікам людина навчається навичкам, самотерапії, технікам саморегуляції і турботи про себе у повсякденному житті. Найбільш поширеними активізуючими техніки, які можна застосовувати у професійній підготовці рятівників авіаційної галузі є: «Техніка змін» коли дискомфорт замінюємо на комфорт; техніка «Внутрішня планета» максимально напружитися як часовий на караулі,

потім максимально розслабитися і виникне новий стан який називається оптимальним станом. Елемент змін настає після напруження, розслаблення; техніка «Супровід у приємний спогад».

Саме активізуючим технікам ми можемо використовувати для вирішення різноманітних задач: відновлення сил організму після впливу екстремальних факторів; збільшення власної ефективності; корекція внутрішніх проблем ситуації; знаходження оптимальних шляхів та прийняття ефективних рішень при виконанні професійних обов'язків тощо. Окрім того, ми виявили, що трансів техніки збагачують мовлення та підвищують комунікативні процеси у курсантів рятувальників авіаційної галузі в процесі професійної підготовки, що дозволяє їм будувати ефективні комунікативні процеси та переговори з людьми.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Беккио Ж., Жюслен Ш. Новый гипноз: Практическое руководство / Пер. с франц. М.Р. Гинзбурга. М.: Независимая фирма «Класс», 1997. 160 с.
2. Бехтерев В.М. Внушение и топа. Мн.: Харвест, 1998. С. 406–423.
3. Гордеев М.Н., Евтушенко В.Г. Техники гипноза. М.: Изд-во Института Психотерапии, 2003. 245 с.
4. Довженко А.Р. Мое исцеляющее слово. Киев, 1989. 192с.
5. Лихи Р. Терапия эмоциональных схем. СПб: Изд-во «Питер», 2019. 439 с.
6. Сидоренко Е.В. Тренинг влияния и противостояния влиянию. СПб.: Речь, 2004. 256 с.
7. Слободяник А.П. Психотерапия, внушение, гипноз. Киев, «Здоровье», 1977. 480 с.
8. Эриксон Милтон Стратегия психотерапии: пер. с англ.: СПб.: издательский Дом «Ювента», М., 2000. 512 с.
9. Яковлев В.Ф. Виртуальные миры трансового рисунка, или «Я требую, чтобы меня пожалели». М.: Независимая фирма «Класс», 2006. 304 с.
10. Гиллиген С. Терапевтические транссы. М., 1997. 40 с.



## ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА РОЗПОДІЛ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ГРУНТОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ

*Рашкевич Н.В., PhD*

*Національний університет цивільного захисту України*

Серйозну потенційну загрозу для життя та здоров'я людини становить забруднення ґрунту важкими металами (ВМ). Людина може напряму контактувати з забрудненим ґрунтом, вдихати повітря, пити воду та вживати продукти, що накопичили в собі забруднювачів. Також, можуть зазнавати руйнуванню елементи підземних комунікацій, фундаменти будівель та споруд, утворюватись шкідливі вторинні відходи. Більшість металів не підвергається мікробній або хімічній деструкції, а їх загальна концентрація у ґрунтах зберігається тривалий час після їх внесення.

ВМ, потрапляючи у ґрунт, можуть мігрувати у горизонтальному, вертикальному та низхідному і висхідному напрямках.

При однакових умовах адсорбційна здатність ВМ різна, оскільки залежить від особливостей металу, форм його знаходження та самого типу ґрунту. Тип ґрунту в роботі [1], зазначається як основний фактор, що впливає на міграції ВМ.

У тому числі на розподіл ВМ у ґрунті впливають:

– гранулометричний склад ґрунту. Адсорбуюча властивість залежить від ступеня дисперсності ґрунтових частинок. Підвищена дисперсність сприяє накопиченню у ґрунті ВМ [2].

– оксиди і гідроксиди. Найбільший вплив на мобільність металів у ґрунті здійснюють оксиди і гідроксиди заліза, марганцю й алюмінію [3].

– реакція середовища. Підкислені ґрунти викликають значне збільшення рухливості металів [4].

– карбонати. Карбонати знижують рухомість важких металів у ґрунтах [5].

– застосування добрив. Добрива змінюють рН, впливають на ступінь розчинності сполук мікроелементів та сприяють накопиченню ВМ [6].

– органічна речовина ґрунту. В дослідженнях [7] відмічено, що використання біовугілля в якості добавок органічної речовини зменшує швидкість міграції металів вглиб.

– атмосферні опади. Атмосферні пади впливають на поведінку ВМ, включаючи не тільки фізичну міграцію, але й хімічну трансформацію. Азот, що є основним хімічним компонентом опадів, у випадку осадження підвищує екологічний ризик забруднення довкілля [8].

– міграція за профілем ґрунту. Верхній гумусовий шар є бар'єром на шляху токсикантів. Переважна більшість внесених у ґрунт політантів знаходиться у 0–20 см шарі [9].

Велике значення має те, що в ґрунті на відміну від атмосферного повітря, водах поверхневих водойм наслідки антропогенного впливу зазвичай виявляються пізніше, але вони більш стійкі й зберігаються довше.

З огляду на сучасні реалії, на сьогодні існує необхідність в оцінці характеру забруднення ґрунтів з метою прогнозу та попередження поширення наслідків антропогенного впливу. Інструментом виступає система моніторингу, що потребує удосконалення та врахування ряду факторів, повинна бути направлена на оперативне виявлення якісних змін, які можуть зрештою завдати шкоди життю та здоров'ю людини, умовам проживання.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Pengwei Qiao, Mei Lei, Guanghui Guo, Jun Yang, Xiaoyong Zhou, Tongbin Chen. Quantitative Analysis of the Factors Influencing Soil Heavy Metal Lateral Migration in Rainfalls Based on Geographical Detector Software: A Case Study in Huanjiang County, China Sustainability. 2017. 9, 1227. 13 p.
2. B. Huang, Z. Yuan, D. Li, M. Zheng, X. Nie, Y. Liao. Effects of soil particle size on the adsorption, distribution, and migration behaviors of heavy metal(loid)s in soil: a review. *Environ. Sci.: Processes Impacts*. 22. 2020. P. 1596–1615.
3. V. Barro'n, J. Torrent. Iron, manganese and aluminium oxides and oxyhydroxides. *EMU Notes in Mineralogy*. 2013. Vol. 14, Chapter 9. P. 297–336.
4. A. Kicińska, R. Pomykała, M. Izquierdo-Diaz. Changes in soil pH and mobility of heavy metals in contaminated soils. *European Journal of Soil Science*. 2022. 73(1). e13203. 14 p.
5. G. Daldoul, R. Souissi, F. Souissi, N. Jemmali, H. Chakroun. Assessment and mobility of heavy metals in carbonated soils contaminated by old mine tailings in North Tunisia. *Journal of African Earth Sciences*. 2015. 110. P. 150–159.
6. B. Wei, J. Yu, Z. Cao, M. Meng, L. Yang, Q. Chen. The Availability and Accumulation of Heavy Metals in Greenhouse Soils Associated with Intensive Fertilizer Application. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020. 17, 5359. 13 p.
7. J. Sun, L. Cui, G. Quan, J. Yan, H. Wang, L. Wu. Effects of biochar on heavy metals migration and fractions changes with different soil types in column experiments. *BioRes*. 2020. 15(2). P. 4388–4406.
8. L. Zhang, K. Fu, F. Yang et al. Migration and Transformation of Heavy Metals in the Soil of the Water-Level Fluctuation Zone in the Three Gorges Reservoir under Simulated Nitrogen Deposition. *Journal of Chemistry*. 2021. Vol. 2021, Article ID 6660661. 10 p.
9. Надточій П.П., Герасимчук Л.О. Міграція Си, Zn, РЬ, Сd в дерново-підзолистому ґрунті при різних рівнях імпаکتного поліметалічного забруднення. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету. Науково-теоретичний збірник*. 2011. № 2 (29), Т. 1. С. 21–37.

**ВПЛИВ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ***Рибалова О.В., к.т.н., доцент**Національний університет цивільного захисту України*

Проблема змін клімату є глобальною за своїм значенням для усіх країн світу. Зміна клімату є причиною виникнення надзвичайних ситуацій, негативно впливає на природні екосистеми і є викликом для сталого розвитку міжнародної економіки та суспільства. Вплив зміни клімату на навколишнє природне середовище і здоров'я населення є однією з найактуальніших тем наукових досліджень [1].

В роботі [2] оцінено сім досліджень щодо мінливості клімату та його впливу на здоров'я людей у місті Буенос-Айрес у період з 1995 по 2015 роки. Було розглянуто внески, не вирішені питання та державну політику щодо викликів, пов'язаних зі зміною клімату в місті, спрямовану на покращення умов життя. Дослідження надали докази про зв'язок між кліматом та здоров'ям та його вплив на населення [2].

Теплові хвилі є одним з найпоширеніших прямих впливів антропогенних змін клімату, а надмірна смертність – їх найбільш очевидним впливом. У науковому дослідженні [3] представлено дослідження надмірної смертності у Стамбулі, що пов'язана з епізодами надзвичайної спеки між 2013 та 2017 роками. Аналіз показує, що три надзвичайні спекотні хвилі в літні місяці 2015, 2016 та 2017 років, які загалом охопили 14 днів, значно збільшили рівень смертності та спричинили 419 надмірних смертей за 23 дні впливу. Оскільки моделювання клімату показують, що Туреччина є однією з найбільш уразливих країн у регіоні Європи щодо збільшення інтенсивності теплових хвиль до кінця 21-го століття, необхідні подальші дослідження щодо збільшення смертності та ризику захворюваності через хвилі спеки у Стамбулі та інших містах [3].

Мета дослідження [4] була зосереджена на визначенні зв'язку між високими температурами повітря та смертністю від хвороб системи кровообігу. Було проведено ретроспективне дослідження, зосереджене на оцінці загальної смертності та смертності від хвороб системи кровообігу з використанням щоденних даних про смертність та температуру повітря в Кишиневі протягом літа 2001–2015 років. Високі температури влітку за останні 15 років (2001–2015 рр.) збільшили кількість смертей у Кишиневі. Під час високих температур повітря основними нозологічними групами неінфекційних захворювань, які становлять загалом понад 70 % причин смерті, є новоутворення, захворювання дихальної системи, захворювання кровоносної системи та захворювання органів травлення. Найбільший внесок у загальну смертність (~ 50 %) мають захворювання кровоносної системи. Встановлені слабкі, але надійні статистичні зв'язки між високими температурами та смертністю від хвороб кровоносної системи [4].

Автори роботи [5] стверджують, що без надійних прогнозів клімату вплив зміни клімату на здоров'я може бути невизначеним і складним. Тим не менш, на місцевому рівні кожен район може визначити свої вразливі місця та визначити пріоритети для захисту здоров'я свого населення. Існують, а також можуть бути розроблені показники стану навколишнього середовища, які дозволяють контролювати, наскільки ми адаптуємось і наскільки ми готові до змін клімату.

За останні десятиліття спостерігаються зміни клімату в Україні, і прогнозується, що зміни можуть бути серйознішими в майбутньому. За даними українського Гідрометцентру, відмічається, що за останні 30 років спостерігається стрімке підвищення середньої річної температури повітря по всій території України на 1,2°[6].

Аналіз середньорічної температури в Харківській області за даними Держкомгідромету з 1991 по 2019 роки показав, що за цей проміжок часу середньорічна темпе-

ратура в Харківській області збільшилась з 6,7 °С (мінімальна) у 1997 році до 10,1 °С (максимальна) у 2019 році. Побудова моделі прогнозування методом Хольта-Вінтерса показала подальше збільшення середньорічної температури в Харківській області до 10,6 °С у 2040 році [7].

Проведені дослідження показали, що підвищення температури повітря в Харківській області найбільше впливають на онкологічні хвороби (коефіцієнти кореляції - 0,63) і уроджені аномалії (вади розвитку), деформації та хромосомні порушення (коефіцієнти кореляції - 0,74). Ці дослідження свідчать про велику небезпеку розвитку серйозних хвороб внаслідок збільшення температури повітря в Харківській області і необхідність впровадження превентивних заходів з адаптації до змін клімату, вдосконалення систем епідеміологічного нагляду та зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Li F., Zhou H., Huang D-S., Guan P. Global Research Output and Theme Trends on Climate Change and Infectious Diseases: A Restrospective Bibliometric and Co-Word Biclustering Investigation of Papers Indexed in PubMed (1999–2018). *International journal of environmental research and public health*. 2020. 17. P. 5228. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17145228>.
2. Fontan S., Rusticucci M. Climate and Health in Buenos Aires: A Review on Climate Impact on Human Health Studies Between 1995 and 2015. *Frontiers in environmental science*. 2021. 8. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.528408>.
3. Can G., Şahin Ü., Sayılı U., Dubé M., Kara B., Acar H. C., İnan B., Aksu S. Ö., Lebel G., Bustinza R., Küçükali H., Güven U., Gosselin P. Excess Mortality in Istanbul during Extreme Heat Waves between 2013 and 2017. *International journal of environmental research and public health* 2019. 16. P. 4348. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph16224348>.
4. Overcenco A., Croitoru C. High temperatures and daily deaths from diseases of the circulatory system registered in chiŞinău municipality. *Arta medica*. 2020. 77. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4173537>.
5. Carlos A. Z. S. Evolution of the concept of climate change and its impact in the public health of Peru. *Revista peruana de medicina experimental y salud pública*. 2016. 33. P. 128–138. DOI: <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2016.331.2014>.
6. Рибалова О.В., Золотарьова С.О. Небезпека збільшення температури повітря для здоров'я населення. The VII International Science Conference «Modern trends in development science and practice», 2021, Varna, Bulgaria. P.148–152.
7. Рибалова О.В., Цимбал Б.М., Золотарьова С.О. Аналіз небезпеки змін клімату в Харківській області / «Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку»: збірник матеріалів. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2021. С. 237–240.

## ТЕХНОЛОГІЯ УТИЛІЗАЦІЇ ТАКТИЧНИХ РАКЕТ 9М21

Смирнов О.М.

Національний університет цивільного захисту України

Пропоную конкретну технологію розрядження некерованих тактичних ракет (НТР) 9М21, а саме ракетної частини (РЧ) 9М21 шляхом їх розбирання на елементи. РЧ 9М21 особливо недоцільно утилізувати методом підриву (рис. 1).

Розбирання РЧ 9М21 на елементи.

Даний комплект документів визначає порядок організації і проведення робіт з розбирання РЧ 9М21 з закінченим гарантійним терміном зберігання на ділянці, обладнаній у виробничому приміщенні цеху.

Перед початком роботи місце по розбиранню РЧ 9М21 має бути оснащено справним інструментом, засобами пожежогасіння й індивідуального захисту.

РЧ 9М21 має три твердопаливні двигуни: стартовий (СД), маршовий (МД) і провороту (ДП), час роботи: СД – 0,22–0,44 сек; МД – 6–12 сек; ДП – 0,3–0,5 сек.

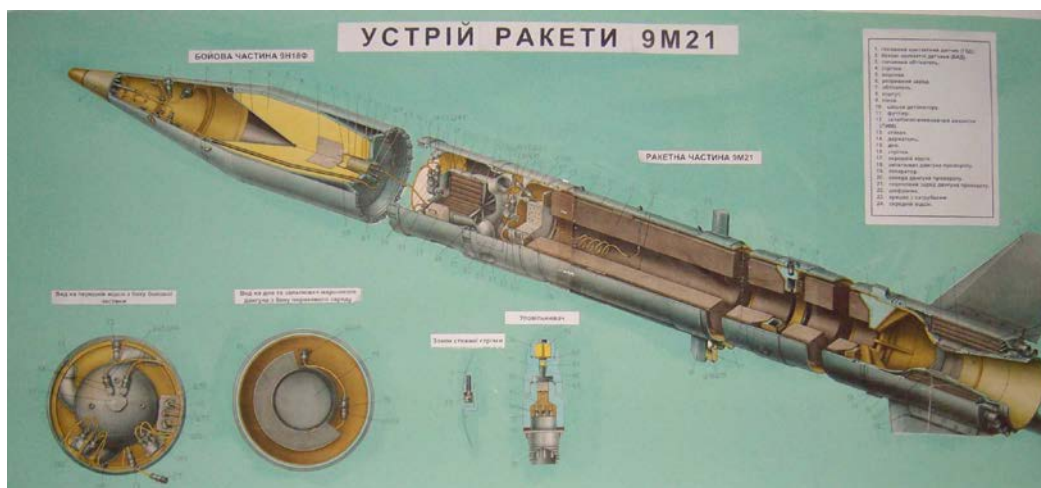


Рис. 1. ТР 9М21Ф складається: БЧ 9Н18Ф і РЧ 9М21.

Перелік елементів, отриманих під час розбирання РЧ 9М21 = 2092,495 кг: Корпус 9Д19, сопловий блок, дно (Ст. ВП-20, 25, 30 = 867,38 кг); Діафрагма МД Проміжна діафрагма (Ст. 45 = 60,1 кг); Втулка з вкладишем (графіт, Ст. 3 = 9,6 кг); Заряд МД 9Х18сб1 – 2 шт. (БРТТ НМФ-2Д = 1090 кг); Запальник МД 9Х18сб2 (КЗДП-1 = 3,85 кг); Піропатрон УДП1-3 (2 шт. = 0,45 кг); Заряд СД 9Х18сб3 – 116 шт. (РСИ-60 = 40 кг); Запальник СД двигуна 9Х18сб4 (ДРП-1 = 0,89 кг); Сповільнювач 9Х220 (1 к-т = 0,302 кг); Заряд ДП 9Х18сб5 – 61 шт. (РСИ-60 = 12,65 кг); Запальник ДП 9Х18сб6 (ДРП-1 = 0,229 кг); Сповільнювач 9Х220 (1 к-т = 0,302 кг); Термометр опору ТСП-162 (9Х71) (Платина – 0,64 г, Срібло – 0,322 г, Склотекстоліт – 0,3 кг); Блок живлення (Ст.3 = 1,6 кг); Відривний роз’їм (срібло – 2,7802 г, Ст.3 = 0,4 кг); Кабель К-154, К-155, К-3, 4, 5, 6 (Ст.3 = 1,64 кг) та закупорювання 9Я616 (Ст.10 = 424 кг) або 9Я262 (Ст.10 = 560 кг).

Роботи з утилізації РЧ 9М21, шляхом їх розбирання на елементи за допомогою спец обладнання, доцільно виконувати в послідовності технологічних операцій: № 1 – Подача РЧ 9М21 в укупорці 9Я616 (9Я262) зі сховища в приміщення обігріву цеху; № 2 – Вхідний контроль РЧ 9М21 та закупорювання 9Я616 (9Я262); № 3 – Розкупорю-

вання і подача до місця розбирання РЧ; № 4 – Розбирання шухляд із ЗППом: розкрити шухляди № 1, 2, 3; № 5 – Подача закупорювання 9Я616 (9Я262) до місця пакування елементів виробу; № 6 – Відстикування переднього відсіку і кінцевих вимикачів; № 7 – Відстикування двох піропатронів УДП1-3 і сповільнювача 9Х220; № 8 – Згвинчування середнього відсіку і двигуна; № 9 – Розрядження двигуна провороту і підготовка елементів до пакування; № 10 – Згвинчування стартового двигуна, втулки і насадки; № 11 – Розрядження стартового двигуна і підготовка елементів до пакування; № 12 – Згвинчування соплового блоку маршового двигуна; № 13 – Розрядження маршового двигуна; № 14 – Подача і пакування заряду маршового двигуна 9ХС61; № 15 – Згвинчування дна і вилучення запалювача 9Х18С62 маршового двигуна; №16 – Закупорювання запалювачів і зарядів СД та двигуна провороту; № 17 – Закупорювання піропатронів УДП1-3 та сповільнювачів 9Х220; № 18 – Вилучення елементів, що містять дорогоцінні метали; № 19 – Знищення спеціального маркування на елементах виробу та маркування закупорювання 9Я616 (9Я262); № 20 – Оформлення документації на розбирання РЧ 9М21. Знищення супровідної документації (формуляру); № 21 – Видача елементів з цеху.

Дозволяється одночасне знаходження в цеху РЧ 9М21: на пункті обігріву – 6 од., у приміщенні з розрядження – 1 од. Час на розбирання одного виробу 9М21 – 257,42 чол./год. (відповідно кошторисної калькуляції). Під час розбирання РЧ 9М21 – отримують елементи загальною вагою = 2516,495 кг.

Таким, чином, утилізація РЧ 9М21 способом розбирання на елементи представляє собою процес послідовного виконання технологічних операцій № 1–21. До числа відповідальних операцій відносяться: контроль РЧ 9М21 на допустимість до розрядження; розрядження СД, МД, ДП, вилучення УДП1-3 і 9Х220, пакування порохових зарядів 9ХС61–9ХС66 та УДП1-3, 9Х220.

Вимоги до устаткування і матеріалів

Устаткування й оснащення, що використовуються в роботі, має бути справним і настроєні на конкретну номенклатуру, що розряджається – РЧ 9М21.

Висота установки столів, конвеєрів і рольгангів у зоні робочих місць не повинна перевищувати 0,8 м. Столи повинні мати борти висотою не менше 50 мм. Усі матеріали, які застосовуються при роботі з РЧ 9М21 мають пройти вхідний контроль відповідно до ДСТУ ISO 9001:2009. Матеріали на робочих місцях повинні знаходитися в типовому, пристосованому посуді.

Операції, де лаборанти працюють з вибуховою речовиною у відкритому виді – є особливо шкідливими. Усі інші операції згідно процесу небезпечні.

Висновки. Розроблено порядок виконання операцій під час розбирання РЧ 9М21, які зберігаються на арсеналах, базах і складах з закінченим терміном зберігання.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Постанова КМ України від 7.06.06 р. № 812 в редакції постанови КМ України від 16.06.10 р. № 469 «Порядок утилізації ракет, боєприпасів і вибухових речовин». К., 2010 р. 13 с.

2. Неуправляемые пороховые ракеты 9М21Б, 9М21Б1, 9М21Ф, 9М21К, 9М21Д, 9М21Е3, 9М21Е4. ТО и инструкция по эксплуатации изделий. «Воениздат» 1985 г. 68 с.; Альбом рисунков. «Воениздат», 1985 г. 68 с.



УДК 504.064.3

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ НА ПРИКЛАДІ ДИТЯЧИХ ІГРОВИХ МАЙДАНЧИКІВ

*Стаднік В.Ю., аспірант,*

*Тихомирова Т.С., к.т.н., доцент*

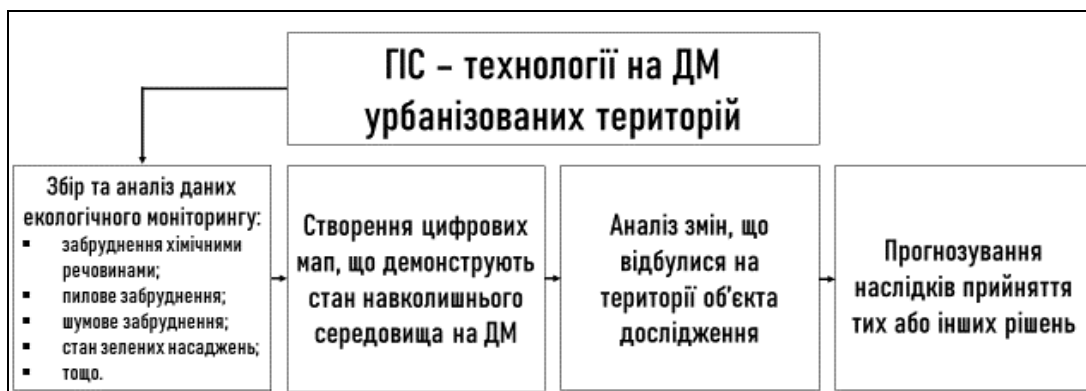
*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

Оцінка стану навколишнього середовища є актуальним питанням сьогодення, адже надмірний рівень антропогенного навантаження має негативний вплив на здоров'я населення, тому вчасне виявлення проблеми дозволить уникнути несприятливих наслідків.

У роботах [1, 2] визначено актуальність проведення моніторингу стану навколишнього середовища дитячих ігрових майданчиків та їх екологічної безпеки. Ефективним інструментом пізнання й опису середовища, що постійно змінюється є геоінформаційні системи.

Геоінформаційна система (ГІС, також географічна інформаційна система) – інформаційна система, призначена для збору, зберігання, аналізу та графічної візуалізації просторових даних та пов'язаної з ними інформації про представлених у ГІС об'єктах [3].

Використання ГІС-технологій на дитячих ігрових майданчиках можна представити у вигляді схеми (рис. 1)

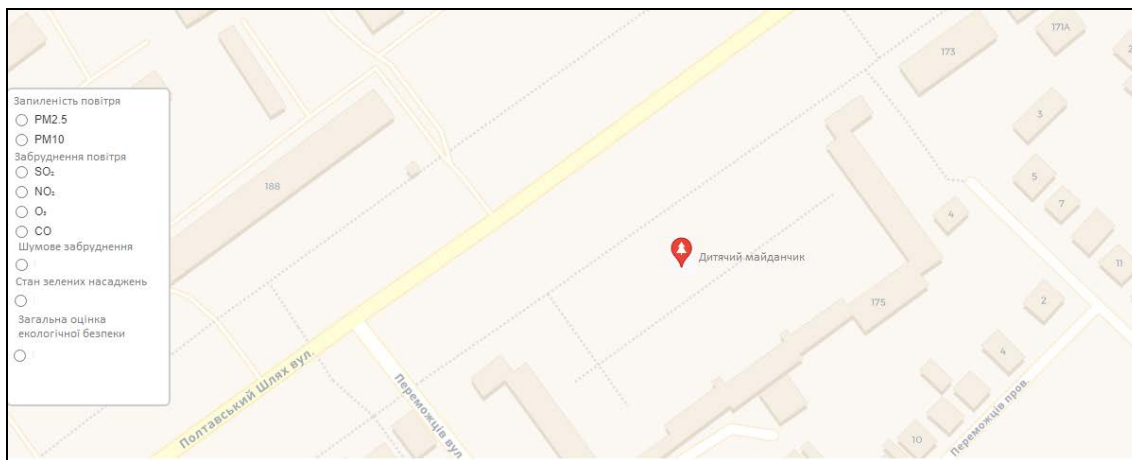


**Рис. 1. Схема використання ГІС-технологій на ДМ.**

На першому етапі проводиться збір та аналіз даних щодо стану навколишнього середовища на конкретному майданчику. Збір даних щодо забруднення хімічними речовинами передбачає використання інформації зі стаціонарних постів спостереження та датчиків, які встановлюють різні установи, громадські організації та громадяни. Збір та аналіз інформації щодо пилового забруднення може відбуватись аналогічним шляхом.

Збір даних результатів вимірювання шуму та оцінки стану зелених насаджень може проводитись шляхом отримання інформації від громадян, або від установ, які проводять дослідження цих параметрів. Рівень шуму можна визначати за допомогою одного з мобільних додатків «Шумомір», а стан зелених насаджень оцінювати візуально. При перших проявах захворювань, наявності шкідників або механічних пошкоджень мешканець міста може відмітити на мапі місце та описати проблему (можливо додати фотофіксацію).

Після автоматичного збору та обробки даних результати відобразатимуться на інтерактивній мапі (рис. 2), на якій можна обрати як конкретний фактор, так і, спираючись на дані комплексу показників, визначити стан екологічної безпеки дитячого ігрового майданчика.



**Рис. 2. Приклад цифрової мапи для оцінки стану навколишнього середовища.**

Отримання даних протягом деякого періоду часу дозволить провести аналіз змін на території дитячого майданчика та спрогнозувати наслідки тих чи інших заходів для зменшення негативного впливу антропогенного навантаження.

Таким чином, використання ГІС-технологій є перспективним напрямком для забезпечення екологічної безпеки дитячих ігрових майданчиків, які розташовано у великих містах. Крім того, застосування цифрових мап дозволить слідкувати за виконанням визначених у відповідних документах норм щодо відстаней від дитячих майданчиків до різних об'єктів (місць накопичення ТПВ, автостоянок, тощо), та норм щодо озеленення цих територій, а саме наявності захисної смуги зелених насаджень шириною не менше 3 м.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Stadnik V. Analysis of environmental hazards in the system «children's playground–urbanized area». *Technology transfer: fundamental principles and innovative technical solutions*. 2021. P. 28–30.
2. Stadnik V. Оцінка факторів екологічної безпеки дитячих майданчиків методом рангової кореляції. *Інтегровані технології та енергозбереження*. 2021. (2). P. 49–57.
3. Алексеев В.А., Мостовий В.В., Терещенко В.С., Машкін Р.О. Особливості побудови інформаційних систем з застосуванням ГІС-технологій. *Проблеми програмування*. 2008. № 2–3. С. 483–492.

## МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОЗОНОБЕЗПЕЧНИХ ВОГНЕГАСНИХ РЕЧОВИН

*Умеренкова К.Р., к.т.н, доцент,  
Борисенко В.Г., к.ф.-м.н, доцент,  
Горонескуль М.М.*

*Національний університет цивільного захисту України*

У «Віденській конвенції» [1] про охорону озонного шару зазначається, що у всесвітньому масштабі викиди деяких озоноруйнівних речовин можуть значно виснажити або іншим чином змінити озонний шар, що загрожує несприятливими наслідками для здоров'я людей і навколишнього середовища, а також згубними впливами на клімат. У зв'язку з цим актуальним є знаходження шляхів вирішення проблеми збереження, а наскільки можна і відновлення, життєво важливого озонного шару. Один із запропонованих способів вирішення даного завдання полягає у заміні озоноруйнівних вогнегасних речовин (114В2, 13В1 та склади типу «3,5») на озонобезпечні, які використовуються при виробництві нових та модернізації існуючих автоматичних установок пожежогасіння на особливо важливих об'єктах. Наприклад, пропонується застосовувати такі вогнегасні речовини та їх суміші: вуглекислота; азот; аргон; гелій, суміші інертних газів; (склади типу «Аргоніт» (IG-550, [50 % N<sub>2</sub> + 50 % Ar]; «Інерген» (IG-541, [52 % N<sub>2</sub> + 40 % Ar + 8 % CO<sub>2</sub>])). Для такої заміни озоннебезпечних хладонів на озонобезпечні вогнегасні речовини будуть потрібні різні зміни та вдосконалення в конструкціях вже існуючих систем пожежогасіння.

Важливим етапом у розрахунках при проектуванні автоматичних установок газового пожежогасіння (АУГП) є інформація про теплофізичні властивості робочих рідин, газів або двофазних багатокомпонентних сумішей. Також такі дані необхідні і для проведення наукових та практичних досліджень при створенні нових, прогресивніших вогнегасних складів. У роботі наведено методику, яка дає можливість визначення фазових рівноваг та термодинамічних властивостей речовин для діапазону температур та тисків, важливих у технічному відношенні. Ця методика ґрунтується на оригінальній статистико-механічній схемі – модифікованій термодинамічній теорії збурень.

Математична модель фазових рівноваг рідкої ( $L$ ) та парової ( $V$ ) фаз гетерогенної системи формалізована у вигляді системи рівнянь. Ці рівняння описують для співіснуючих фаз суміші рівність тисків  $p_m$  і хімічних потенціалів компонентів суміші  $\mu_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ):

$$\begin{cases} p_m(v_m^L, T, \{x_i^L\}) - p = 0; \\ p_m(v_m^V, T, \{x_i^V\}) - p = 0; \\ \mu_1(v_m^L, T, \{x_i^L\}) - \mu_1(v_m^V, T, \{x_i^V\}) = 0; \\ \dots\dots\dots \\ \mu_n(v_m^L, T, \{x_i^L\}) - \mu_n(v_m^V, T, \{x_i^V\}) = 0. \end{cases} \quad (1)$$

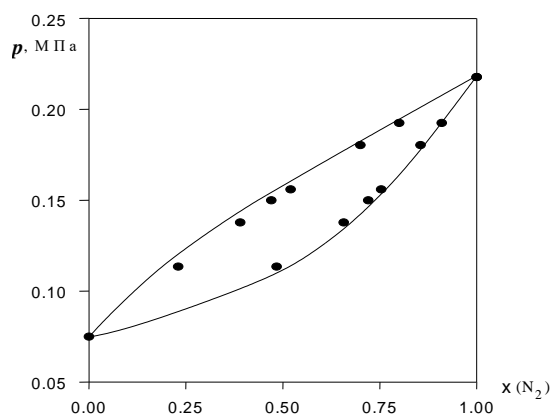
Початковим етапом розрахунків фазових рівноваг  $n$ -компонентної суміші (при заданих значеннях тиску  $p$  і температури  $T$ ) є визначення густини  $\rho = N_A/v_m$  (або молярного об'єму  $v_m$ ) суміші. У роботі вирішено завдання розрахункового визначення густини вогнегасних складів та виконано порівняння результатів розрахунку з експериментальними даними [2, 3], наведені в табл.1.

**Табл. 1. Порівняння експериментальних та розрахункових значень густини газових вогнегасних складів ( $p=0,1013$  МПа,  $T=293$  К)**

Склад	Густина (кг/м <sup>3</sup> )	
	Експеримент [3]	Розрахунок
CO <sub>2</sub>	1,84	1,8032
N <sub>2</sub>	1,17	1,1477
Ar	1,662	1,6371
«Аргоніт» IG-550	1,41	1,3950
«Інерген» IG-541	1,42	1,3984

Порівняння розрахованих за запропонованою методикою значень густини ГОС з дослідними даними [2, 3] показує добре погодження результатів розрахунку та експерименту. Це дозволяє зробити висновок про можливість застосування методики: для обчислення густини та розрахункової маси ГОС, яка повинна зберігатися у проектованих АУГП; для проведення досліджень при розробці нових сучасних ГОС.

Запропонована методика обчислення параметрів фазових діаграм для вогнегасних сумішей, що складаються з декількох компонентів, застосована для озонобезпечного вогнегасного складу «Аргоніт» для якого у літературі є експериментальні дані фазової рівноваги рідина–пара (суміші азот–аргон). Порівняння їх з розрахунками за запропонованою методикою наведено на рис.1 для діапазону тисків  $0,2178$  МПа  $> P > 0,07498$  МПа та за температури  $T = 84,5$  К.



**Рис. 1. Діаграма фазової рівноваги рідина–пара суміші азот–аргон («Аргоніт») за температури  $T=84,5$  К; ● – експеримент [2].**

#### ЛІТЕРАТУРА

1. The Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer. URL: <https://ozone.unep.org/treaties/vienna-convention?q=ru/treaties/venskaya-konvenciya>.
2. Jin Zhangli, Liu Kunyuan, and Sheng Wangwang, Vapor-liquid equilibrium in binary and ternary mixtures of nitrogen, argon, and methane, *J. Chem. Eng. Data*. 1993. 38. 3. P. 353–355. URL: <https://doi.org/10.1021/je00011a004>.
3. Котлов А.Г., Андрейченко П.А. Газовые огнетушащие составы. *Практическое пособие по применению*. Киев: ООО «НПФ «Бранд мастер», 2004. 216 с.

## ПРОФЕСІЙНІ ЗАХВОРЮВАННЯ ПРАЦІВНИКІВ ЗЕРНОПЕРЕРОБНОЇ ГАЛУЗІ

*Фесенко О.О., к.т.н.,*

*Лисюк В.М., к.т.н.*

*Одеський національний технологічний університет*

До провідних галузей агропромислового комплексу України насамперед слід віднести зернопереробну, яка в 2021 році зібрала понад 84 млн. т зернових та зернобобових.

Усі суб'єкти господарювання зернопереробної промисловості є підприємствами державної та приватної форми власності з високим ступенем ризику.

До основних об'єктів підвищеної небезпеки зернопереробних підприємств відносяться: приймально-відпускні пристрої для прийому та відпуску рослинної сировини; силосні корпуси елеваторів, склади силосного типу, металеві бункери й склади підлогові для безтарного зберігання, транспортні галереї; цехи, відділення, блочно-модульні та агрегатні установки виготовлення борошна, крупи, солоду, комбікормів і кормових сумішей, насіння та кукурудзо-оброблювальні виробництва; підготовчі, підробіточні, дробильні відділення з очищення, здрібнення солоду, зерна, лушення олієнасіння; відділення для розтарювання, зважування, просіювання борошна, помелу цукру; зерносушильні установки, приймально-очищувальні і сушильно-очищувальні башти, цехи відходів, пилу, очищення й сортування мішкотари [1].

Роботи на цих об'єктах завжди створюють потенційну загрозу здоров'ю та життю працівників. Небезпечні та шкідливі виробничі чинники, які існують на зернопереробних підприємствах, можуть призвести до різноманітних видів травмувань, а також до появи професійних захворювань в разі недотримання вимог охорони праці і правил техніки безпеки. Порядок виявлення у працівника підозри на професійне захворювання, встановлення та підтвердження професійного захворювання, оформлення відповідних документів, визначаються постановою Кабінету Міністрів України від 17 квітня 2019 р. № 337 «Про затвердження Порядку розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві» [2]. Згідно з діючим Переліком професійних захворювань основні захворювання, можливі для працівників зернопереробних підприємств, представлені в таблиці 1 [3].

**Табл. 1. Види професійних захворювань працівників зернопереробних підприємств**

Найменування захворювання	Небезпечні та шкідливі речовини і виробничі фактори, вплив яких може викликати професійне захворювання	Перелік робіт та виробництв, на яких можливе виникнення професійного захворювання
Захворювання, що виникають під впливом хімічних факторів		
Гострі, хронічні інтоксикації та їх наслідки	Хімічні речовини Пестициди, свинець	Усі види робіт в виробничо-технологічних лабораторіях зернопереробних підприємств
Хвороби шкіри: епідерматоз, контактний дерматит, токсикодермія мастильні фолікуліти тощо	Бензин, гас, уайт-спірит, гудрон, мазут, мастильно-охолоджувальні рідини та мастила, кислоти, луги, органічні розчинники, хлорне вапно	Ремонтні та налагоджувальні роботи в зернопереробній галузі

Захворювання, викликані впливом промислових аерозолів		
Пневмококіоз та хронічні бронхіти	Пил металів та їх оксидів, у тому числі, зварювальний аерозоль, пил мінеральний та органічний, змішані види пилу	Металообробка, зварювальні роботи, розмелювання сипких матеріалів, усі роботи з виділенням пилу
Захворювання, викликані дією фізичних факторів		
Вібраційна хвороба	Тривалий систематичний вплив виробничої вібрації, що передається на верхні кінцівки працюючих, та вібрації робочих місць	Робота з ручними машинами і робочі місця, що генерують вібрацію
Нейросенсорна приглухуватість	Систематичний вплив виробничого шуму	Усі види робіт, пов'язані з впливом інтенсивного виробничого шуму у промисловості
Електроофтальмія	Інтенсивне ультрафіолетове випромінювання	Роботи в умовах інтенсивного ультрафіолетового випромінювання (газоелектрозварювання тощо)
Перегрівання: гостре (тепловий та сонячний удар, теплова непритомність, теплові судоми тощо)	Нагрівальний мікроклімат та інтенсивне випромінювання у виробничому середовищі	Очищення топок, котлів, роботи на відкритих територіях у жаркий період року
Захворювання, пов'язані з фізичним перевантаженням та перенапруженням окремих органів і систем		
Виражене варикозне розширення вен на ногах, ускладнене запальними (тромбофлебіт) або трофічними розладами	Тривале перебування у вимушеній робочій позі стоячи	Роботи, пов'язані з тривалим статичним напруженням, перебуванням на ногах, систематичним перенесенням значних вантажів

Вищезазначене потребує вдосконалення системи профілактики професійних захворювань, а також правильної оцінки в кожному випадку санітарно-гігієнічних умов праці, інтенсивності і тривалості впливу шкідливих факторів з метою своєчасного виявлення і лікування працівників з профзахворюваннями.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Fesenko O.O., Lysiuk V.M., Saharova Z.M. Risk-oriented approach to labour protection at grain process enterprises. *Зернові продукти і комбікорми*. Vol. 19. Is. 1/2019. № 73. Р. 4–9.
2. Про затвердження Порядку розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві. Постанова КМУ від 17 квітня 2019 р. № 337. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/>.
3. Перелік професійних захворювань. Постанова КМУ від 8 листопада 2000 р. № 1662. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/>.



**ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОЧНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНО-ПОРОМНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ  
УДОСКОНАЛЕННЯМ КОНСТРУКЦІЙ КРІПЛЕНЬ КРИТИХ ВАГОНІВ**

*Фомін О.В.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,  
Ловська А.О.<sup>2</sup>, д.т.н., доцент,  
Тимощук О.М.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,  
Шевченко С.І.<sup>3</sup>, к.т.н., доцент*

<sup>1</sup>Державний університет інфраструктури та технологій,

<sup>2</sup>Український державний університет залізничного транспорту,

<sup>3</sup>Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Ефективність функціонування транспортної галузі зумовлює необхідність впровадження в експлуатацію сучасних транспортних засобів. Оскільки основний сегмент перевізного процесу відводиться залізничному транспорту, то до створення сучасних конструкцій вагонів повинні пред'являтися особливі вимоги. Зокрема це стосується їх несучих конструкцій [1–3]. При проектуванні несучих конструкцій сучасних вагонів необхідним є врахування уточнених величин навантажень, які можуть діяти на них не тільки при експлуатації на магістральних коліях, а і при комбінованих залізнично-поромних перевезеннях. Даний напрямок є досить актуальним для багатьох європейських країн, які мають виходи у міжнародне сполучення через акваторії морів.

Одним з найбільш поширених типів вагонів, який знайшов використання в міжнародному залізнично-водному сполученні є критий вагон. Для забезпечення стійкості критих вагонів на залізничних поромках здійснюється їх закріплення за допомогою багатообертових засобів. Важливо сказати, що внаслідок відсутності технічної пристосованості несучої конструкції вагона до взаємодії з багатообертковими засобами відбувається їх пошкодження. Така обставина може сприяти порушенню стійкості вагона на палубі та остійності залізничного порому, а відповідно і екологічності перевезень. Тому для забезпечення безпеки перевезень критих вагонів морем важливим є їх технічна адаптація до надійного закріплення на палубах. Це сприятиме забезпеченню безпеки перевезень вагонів морем, скороченню витрат на позапланові види ремонтів, екологічності залізнично-поромних перевезень, а також підвищенню ефективності їх експлуатації.

Для визначення показників міцності несучої конструкції критого вагона при перевезенні на залізничному поромі з урахуванням типової схеми закріплення на палубі в якості базового обрана модель 11-217. Просторову модель несучої конструкції критого вагона побудовано в програмному комплексі SolidWorks. При побудові моделі враховано елементи кузову, які жорстко взаємодіють між собою, тобто в моделі до уваги не приймалися пересувні самоущільнені двері.

Розрахунок на міцність проведений з використанням методу скінченних елементів в середовищі програмного комплексу SolidWorks Simulation. При проведенні розрахунків до уваги прийнятий випадок бортової хитавиці залізничного порому, як найбільш неблагоприємний режим навантаження несучих конструкцій вагонів при перевезеннях морем. Встановлено, що максимальні еквівалентні напруження в несучій конструкції критого вагона складають близько 580 МПа та виникають в буксирних скобах за які відбувається закріплення вагона. Отже максимальні еквівалентні напруження перевищують допустимі значення.

Для забезпечення надійності закріплення та безпеки перевезень вагонів морем розроблений вузол для взаємодії з ланцюговими стяжками. З метою пом'якшення дії

навантажень від ланцюгових стяжок на кузов вагона пропонується здійснювати не жорсткий зв'язок між ними, а в'язкий, посередництвом встановлення спеціального пристрою – демпферу між кузовом та палубою [4].

Досліджено динамічну навантаженість несучої конструкції критого вагона при закріпленні в'язкими стяжками на палубі залізничного порому. Розрахунки проведені стосовно залізничного порому «Герои Шипки» при його русі акваторією Чорного моря. Вхідними параметрами до моделі є технічні характеристики залізничного порому, критого вагона, а також гідрометеорологічні характеристики акваторії моря.

Розв'язок сформованої системи диференціальних рівнянь здійснено в середовищі програмного комплексу Mathcad з використанням метода Рунге-Кутта. Початкові умови прийняті рівними нулю. При цьому прискорення, яке діє на несучу конструкцію критого вагона з урахуванням типової схеми взаємодії з палубою склало  $1,78 \text{ м/с}^2$ . З урахуванням закріплення вагона в'язкими стяжками прискорення, яке діє на несучу конструкцію склало  $1,25 \text{ м/с}^2$ . Отже при використанні в'язких стяжок для закріплення вагона на палубі є можливим знизити величини прискорень, які діють на його несучу конструкцію на 30 %. Важливо зазначити, що при цьому робоча рідина, яка буде створювати в'язкий опір між кузовом та палубою повинна мати коефіцієнт в'язкого опору від  $1,8 \text{ кН}\cdot\text{с/м}$  до  $4,2 \text{ кН}\cdot\text{с/м}$ .

Для визначення показників міцності несучої конструкції критого вагона з урахуванням отриманих прискорень проведено розрахунок. Встановлено, що максимальні еквівалентні напруження в несучій конструкції критого вагона складають близько 298 МПа. Отже з урахуванням нової схеми закріплення критого вагона на палубі максимальні еквівалентні напруження в елементах несучої конструкції не перевищують допустимі та на 51 % нижчі ніж при типовій схемі закріплення.

Проведені дослідження сприятимуть забезпеченню безпеки перевезень вагонів морем, скороченню витрат на позапланові види ремонтів, екологічності залізнично-поромних перевезень, а також підвищенню ефективності їх експлуатації.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Płaczek M., Wróbel A., Buchacz A. A concept of technology for freight wagons modernization. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2016. Vol. 161. 012107. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/161/1/012107>.
2. Hyun-Ah Lee, Seong-Beom Jung, Hwan-Hak Jang, Dae-Hwan Shin, Jang Uk Lee, Kwang Woo Kim and Gyung-Jin Park. Structural-optimization-based design process for the body of a railway vehicle made from extruded aluminum panels. *Journal of Rail and rapid transit*. 2016. Vol. 11.
3. Fomin O., Gerlici J., Gorbunov M., Vatulia G., Lovska A., Kravchenko K. Research into the Strength of an OpenWagon with Double Sidewalls Filled with Aluminium Foam. *Materials*. 2021. Vol. 14 (12). 3420. URL: <https://doi.org/10.3390/ma14123420>.
4. Fomin O., Lovska A., Kulbovskiy I., Holub H., Kozarchuk I., Kharuta V. Determining the dynamic loading on a semi-wagon when fixing it with a viscous coupling to a ferry deck. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. № 2/7 (98). P. 6–12.

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАВАНТАЖЕНОСТІ НЕСУЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ КОНТЕЙНЕРА-ЦИСТЕРНИ З КОТЛОМ ІЗ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРІАЛУ ТА УДОСКОНАЛЕНОЮ КОНСТРУКЦІЄЮ ФІТИНГІВ

*Фомін О.В.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,*

*Ловська А.О.<sup>2</sup>, д.т.н., доцент,*

*Фоміна А.М.<sup>3</sup>, PhD,*

*Полупан Є.В.<sup>3</sup>, к.т.н., доцент,*

*<sup>1</sup>Державний університет інфраструктури та технологій,*

*<sup>2</sup>Український державний університет залізничного транспорту,*

*<sup>3</sup>Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля*

Підвищення ефективності перевізного процесу в напрямку міжнародних транспортних коридорів зумовлює необхідність розробки та впровадження в експлуатацію інноваційних транспортних засобів [1–3].

Відомо, що одним з найбільш мобільних видів транспортних засобів, що знайшли використання у міжнародному комбінованому сполученні є контейнери. Останнім часом простежується ефективність використання контейнерів-цистерн, що обумовлено підвищенням об'ємів перевезень наливних вантажів через міжнародні транспортні коридори.

Інтермодельність контейнерів-цистерн прогнозує підвищення рівня їх затребуваності при комбінованих перевезеннях. Це викликає необхідність розробки та впровадження у експлуатацію інноваційних конструкцій контейнерів-цистерн з покращеними техніко-економічними та експлуатаційними показниками. Крім того, при проектуванні таких конструкцій контейнерів-цистерн важливим є впровадження заходів щодо покращення їх міцності при експлуатаційних режимах для забезпечення екологічності комбінованих перевезень, а також зменшення витрат на їх утримання.

З метою зменшення матеріалоємності несучої конструкції контейнера-цистерни в попередніх роботах авторами запропоновано удосконалення його рами, шляхом заміни труб прямокутного перерізу, які використовуються у типовій конструкції, на круглі труби при забезпеченні умов міцності та експлуатаційної надійності [4].

Для зниження тари контейнера-цистерни також є можливим виготовлення котла з композитного матеріалу. При цьому стає можливим зменшення його маси на 46 % у порівнянні з металевим виконанням.

Для обґрунтування запропонованого рішення проведено комп'ютерне моделювання міцності котла контейнера-цистерни. Для цього створено його просторову модель в програмному комплексі SolidWorks.

При побудові моделі в зонах обпирання котла на раму встановлювалися накладки, конфігурація яких ідентична до геометрії підкладних листів.

Розрахунок на міцність реалізований за методом скінчених елементів в програмному комплексі SolidWorks Simulation. При цьому використано теорію максимальних нормальних напружень.

Результати проведених розрахунків дозволили зробити висновок, що максимальні напруження в котлі контейнера-цистерни виникають у його нижній частині та складають близько 295 МПа, що на 8 % нижче ніж у типовій конструкції.

Для зменшення динамічної навантаженості котла також є можливим використання в фітингах контейнера-цистерни пружних елементів. Зменшення динамічних навантажень при цьому досягається за рахунок пружно-фрикційних сил, які виника-

ють у випадку коли динамічне навантаження, яке діє на контейнер-цистерну перевищує сили тертя між горизонтальними частинами фітінгів та фітінгових упорів [5, 6].

З метою обґрунтування запропонованого рішення проведено математичне моделювання динамічної навантаженості контейнера-цистерни. До уваги при прийнятій випадок маневрового співударяння вагона-платформи, завантаженого контейнерами-цистернами. При цьому враховано, що контейнери-цистерни розміщені на вагоні-платформі моделі 13-401.

У якості наливного вантажу прийнятий бензин. Визначення гідродинамічних характеристик наливного вантажу здійснювалося з урахуванням максимально-допустимої завантаженості котла контейнера-цистерни. Рух наливного вантажу опи-сувався сукупністю математичних маятників.

Розв'язок математичної моделі здійснено в середовищі програмного комплексу MathCad за методом Рунге-Кутта. Початкові умови прийняті рівними нулю.

На підставі проведених розрахунків отримано прискорення, які діють на удо-сконалену конструкцію контейнера-цистерни, розміщеного на вагоні-платформі при маневровому співударянні. Дана величина прискорення склала близько  $40 \text{ м/с}^2$  (4 g), тобто знаходиться в межах допустимих. При цьому загальна жорсткість пружних еле-ментів на один контейнер-цистерну повинна знаходитися в діапазоні 426–535 кН/м.

Проведені дослідження сприятимуть створенню напрацювань щодо проекту-вання контейнерів-цистерн з покращеними техніко-економічними та експлуатаційни-ми характеристиками, підвищенню ефективності їх експлуатації, а також покращенню екологічності контейнерних перевезень.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Edward Lisowski, Wojciech Czyzycki. Transport and storage of lng in container tanks. *Journal of KONES Powertrain and Transport*. 2011. Vol. 18. № 3. P. 193–201.
2. Rudraprasad Bhattacharyya, Abhishek Hazra. A study on stress analysis of ISO tank container. *58th Congress of The Indian Society of Theoretical and Applied Mechanics*. 2013.
3. Tiernan S., Fahy M. Dynamic FEA modelling of ISO tank containers. *Journal of Materials Processing Technology*. 2002. Vol. 124(1). P. 126–132. DOI: 10.1016/S0924-0136(02)00196-6.
4. Ловська А.О., Мельничук О.М., Фомін О.В. Удосконалення контейнерів-цистерн для перевезення нафтопродуктів шляхом впровадження в їх несучі кон-струкції круглих труб. *Залізничний транспорт України*. 2015. № 1. С. 40–44.
5. Fomin O., Lovska A., Daki O., Bohomia V., Tymoshchuk O., Prokopenko P. The substantiation of the concept of creating containers with viscous-elastic connections in fit-ting. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2019. Vol. 14. № 15. P. 2771–2776.
6. Fomin O., Lovska A., Bazyl L., Radkevych O., Skliarenko I. Determination of the strength of the flat wagon fitting stops by elastic viscous interaction with fittings of the tank container. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 708. 012008. DOI: 10.1088/1757-899X/708/1/012008.

**ОСОБЛИВОСТІ ОХОРОНИ ПРАЦІ ПІД ЧАС ВОЄННИХ (БОЙОВИХ) ДІЙ***Цимбал Б.М.<sup>1</sup>, к.т.н.,**Петрищев А.С.<sup>2</sup>, к.т.н, доцент**Національний університет цивільного захисту України,**Національний університет «Запорізька політехніка»*

Більшість підприємств, установ та організацій в Україні зіткнулися з проблемами із забезпечення безпечних умов праці під час військового стану та бойових дій, бо крім характерних шкідливих та небезпечних з'являються специфічні. Рівень професійних та техногенних ризиків збільшується особливо на підприємствах з підвищеною небезпекою, бо бойові дії можуть призвести до аварійних ситуацій з катастрофічними наслідками, це викиди радіоактивних, хімічних речовин, вибухи, пожежі, затоплення та ін.

До загроз які можуть виникнути під час бойових дій можливо віднести: ураження стрілецькою зброєю, загроза вибуху, повітряна небезпека, а також техногенні катастрофи, аварії. Дані небезпеки можуть призвести від травми до смерті працівника. Крім фізичних травм працівники можуть отримати й психологічні травми. Дані небезпеки за ступенем ураження можливо класифікувати на фізичні, хімічні, біологічні та психо-фізіологічні.

Сучасні снаряди можуть проникати у тканини тіла людини та механізм, яких має три складові: це безпосередній контакт зі снаряда, який призводить до розриву та роздроблення тканини; ударна хвиля, яка може зруйнувати вікна у приміщеннях та створити додаткові небезпеки від скла; тимчасова пустота або порожнина має тиск менший за атмосферний, внаслідок чого різні сторонні тіла, як частини одягу та різні відламки потрапляють у середину рани.

Боеприпаси вибухової дії можуть призвести до масового ураження працівників та можуть призвести до осколкових поранень від ураження множинними елементами у формі куль, стріл та кубиків. Крім цього працівники можуть отримати термічні опіки, як тіла так і верхніх дихальних шляхів, ураження легень та отруєння організму окисом вуглецю та зниженим рівнем кисню.

Ядерна зброя призводить до вражаючої дії ядерної хвилі, яка призводить до ударної дії та світової хвилі, яка призводить до опіків. Хімічна зброя має ураження, яке багато в чому залежить від властивостей отруйних речовин і засобів їх застосування. Особливо негативні слід очікувати в умовах масованого застосування повітряним способом швидкодіючих високотоксичних отруйних речовин, таких, як зарин, V – гази, психотоміметичні речовини. У випадку застосування отруйних речовин нервово-паралітичної дії та синильної кислоти відсоток незворотних втрат високий, при використанні іприту і фосгену – значно менший, а для уражень отруйними речовинами, які тимчасово виводять людину із ладу (подразнюючі, сльозоточиві та психохімічні отруйні речовини), такі випадки взагалі не характерні [1].

Для забезпечення безпечних та не шкідливих умов праці роботодавці повинні вжити ряд організаційно-технічних заходів щодо безпеки праці. До організаційних заходів, завдяки яких досягається безпека робіт підвищеної небезпеки можливо віднести: призначення осіб, які будуть відповідальними за забезпечення проведення робіт та ін. У разі виникнення необхідності ліквідації/локалізації аварії на території підприємства (об'єкта), що можуть призвести до негайної та/або потенційної загрози для життя та здоров'я людей, які виникли внаслідок воєнних (бойових) дій, роботи з ліквідації аварій дозволяється виконувати без оформлення наряду-допуску на виконання робіт

підвищеної небезпеки тільки до моменту усунення прямої загрози життю людей і руйнування обладнання

Порядок взаємодії та дій персоналу під час ліквідації аварії регламентовано оперативною частиною ПЛАС. Зважаючи на зазначене, виконання робіт під час воєнних (бойових) дій можуть бути прирівняні до робіт в аварійних ситуаціях, виконання яких в таких умовах не потребує застосування організаційних заходів. Це можна віднести до прийняттого ризику, так як вони виконуються за розробленими ПЛАС. Такі роботи дозволяється виконувати лише за умови обов'язкового вжиття необхідних заходів щодо захисту працівників від можливого впливу шкідливих і небезпечних факторів [2].

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Сучасні види зброї та їх вплив на величину і структуру санітарних втрат. URL: <https://cutt.ly/nFU7c1z> (дата звернення: 13.04.2022).
2. Рекомендації для роботодавців щодо організації виконання робіт підвищеної небезпеки під час воєнних (бойових) дій. Управління Держпраці у Хмельницькій області. URL: <https://cutt.ly/BFU4QZQ> (дата звернення: 13.04.2022).



## ВИКОРИСТАННЯ ОЗОНО-ПОВІТРЯНОЇ СУМІШІ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ І ЗНЕЗАРАЖЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

*Цуплішвілі К.О., PhD*

*Національний університет цивільного захисту України*

Озон ( $O_3$ ) – дуже ефективний екологічний окиснювач і дезінфектант, тому що є природним елементом і при його розкладанні, окрім молекул кисню не утворюються інші продукти, які було б потрібно видаляти з системи очищення.

Бактерицидні властивості озону обґрунтовані його міцним окиснювальним потенціалом, внаслідок чого він руйнує цитоплазму мікроорганізмів і окислює майже всі органічні речовини у воді.

Для проведення дослідження озон отримували безпосередньо з повітря шляхом «тліючого» розряду у спеціальному приладі – озонаторі, що складається з двох електродів з повітряним прошарком між ними (2–3 мм), який служить розрядним простором. Щоб створити «тліючий» (без блискавок) розряд, у розрядний простір вміщують діелектрики зі спеціального скла [1].

Озоно-повітряна суміш надходить через фільтросні пластинки у воду і змішується з нею у контактному резервуарі. Доза озону, необхідна для знезараження будь-якої води, коливається від 1 до 10 мг/дм<sup>3</sup>, причому великі дози застосовують, коли крім знезараження ще необхідно знебарвити та дезодорувати воду. Тривалість знезараження води складає 3–35 хв. залежно від ступеня забруднення і складу розчинених домішок води. Надлишковий озон з води виділяється у повітря, швидко розкладаючись з утворенням атомарного кисню, тому вміст залишкового озону має бути 0,1–0,3 мг/дм<sup>3</sup> [2].

Розчинність озону у воді при температурі від 0 °С до 30 °С у 13 разів вище за кисень, а також азот. Розчинність озону стало підвищується у воді зі зниженням її температури, що важливо враховувати у разі його застосування під час очищення або знезараження стічної води. Озон у воді одночасно розчинюється та розкладається і швидкість його розкладання залежить від температури води та її складу. Високі концентрації завислих речовин та іонів металів лімітують процеси окиснення. З речовинами, що знаходяться у воді, озон може реагувати або безпосередньо в молекулярній формі, або як радикал  $OH^\cdot$ , який утворюється при розкладанні озону у воді. Вважається, що в нейтральній воді ці реакції розподілені порівну. У кислому середовищі переважає молекулярний механізм, а в лужному – радикальний [3].

Окислювальна здатність (редокс-потенціал) дорівнює – 2,07, це значно вище окислювальної здатності пероксиду водню і хлору (1,77 і 1,36 відповідно), що свідчить про потужну здатність  $O_3$  до окиснення органічних і деяких мінеральних сполук.

Для деструкції органічних сполук за допомогою  $O_3$ , важливим чинником є електронна структура озону, яка є біполярною: «негативною» і «позитивною», тому озон може реагувати одночасно як електрофільно так, і нуклеофільно. У воді окиснення речовин озоном має переважно електрофільний механізм. Але кінетика взаємодії розчиненого озону з різними органічними сполуками різна [3].

З озоном безпосередньо не реагують або реагують слабо ненасичені вуглеводи, насичені алкільні сполуки, бензол, карбонові кислоти. Але такі речовини, як білки, лінійні та циклічні вуглеводи, спирти, жири піддаються окисненню, що важливо під час окиснення домішок, які містяться в стічних водах виробництв харчової промисловості. Особливо важливим є окиснення жироподібних речовин, тому що вони, як правило, містяться у великих концентраціях в таких стоках і дуже важко окислюються

мікроорганізмами активного мулу при біологічному обробленні. Також гальмуються біохімічні реакції окиснення складних органічних сполук, тому попереднє озонування таких стічних вод дозволяє розкласти складні органічні системи до більш простих і доступних з подальшим окисненням мікроорганізмами активного мулу.

Застосування технологій озонування ефективно для інактивації патогенної мікрофлори, яка, як правило, міститься в стічних водах харчових виробництв у високих концентраціях.

Реакційна здатність радикалів дозволяє окислювати практично всі органічні сполуки. В реакціях з органічними речовинами утворюються вторинні радикали, які продовжують брати участь у ланцюговій реакції [3]. Такі радикали під час взаємодії з розчиненими речовинами не змінюють їх концентрацію у воді, але змінюють їх склад. Тобто більш складні сполуки розкладаються на простіші, які при такій структурі можуть використовуватися мікроорганізмами активного мулу під час біоочищення. Якщо у водному середовищі є кисень, то ланцюг окислювальних реакцій подовжується за допомогою вторинних радикалів, що сприяє процесу очищення води. Тому для подовження ланцюгової реакції окислення стічну воду необхідно насичувати киснем.

Для визначення впливу попереднього озонування щодо активного мулу, стічну воду оброблювали озono-повітряною сумішшю (концентрація  $O_3 = 1 \text{ мг/дм}^3$ ) і подальше його очищали на біодисковому реакторі за допомогою іммобілізованого активного мулу. Результати дослідження надані в таблиці 1.

**Табл. 1. Результати оброблення стоку озono-повітряною сумішшю**

Період оброблення, год	Показники	
	pH, од pH	ХСК, мгО/дм <sup>3</sup>
До оброблення	5,30	1450
1	5,30	900
2	5,18	720

Після оброблення озono-повітряною сумішшю, ХСК модельного стоку за годину знизилось на 38 % і досягло  $900 \text{ мгО/дм}^3$ , а за 2 год оброблення ХСК знизилось майже на 50 %, але також знизилась величина pH. Попередньо оброблену стічну воду за такими характеристиками подавали на доочищення в біосорбційний дисковий реактор з іммобілізованим біоценозом.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Голота В.И., Завада Л.М., Кадолин Б.Б., Пащенко И.А., Таран Г.В., Шило С.Н. Генерация озона в тлеющем разряде положительной полярности. *Вопросы атомной науки и техники*. 2000. № 1. С. 58–62.
2. Пискарев И.М., Иванова И.П., Трофимова С.В. Источник излучения плазмы на основе искрового разряда на воздухе для биомедицинских исследований. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 10-3. С. 12–16.
3. Розумовский С.Д., Заиков Г.З. Озон и его реакции с органическими соединениями (кинетика и механизм). Москва : Наука, 1974. 322 с.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МЕТОДОМ ХІМІЧНОГО МУТАГЕНЕЗУ

*Цуплішвілі К.О., PhD*

*Національний університет цивільного захисту України*

Одним з шляхів удосконалення очищення висококонцентрованих за органічною речовиною стічних вод є впровадження технологій, що ґрунтуються на метаболізмі бактерій, які мають підвищену біохімічну активність [1].

З цією метою були проведені дослідження щодо інтенсифікації біологічної очистки стічних вод [2] зі значними коливаннями концентрацій забруднюючих речовин, за допомогою хімічного мутагену – перексиду водню.

Можливі два варіанти оброблення активного мулу перексидом водню: додавання перексиду водню безпосередньо у біореактор і оброблення частини активного мулу в окремих ємностях, де культивується активний мул сумісно з перексидом водню и де утворюється специфічна мікрофлора, яка під впливом розчину  $H_2O_2$  набуває нові властивості щодо окиснення забруднюючих речовин. Як періодичне внесення розчину перексиду водню в біореактор, так і окреме оброблення активного мулу, збільшує ефект очищення стічних вод за показниками ХСК, БСК, завислими речовинами, знижує кольоровість і запах очищеної води, поліпшує седиментаційні властивості активного мулу, поліпшує його подальше зневоднення.

Для цього з працюючого аеротенка відбирали адаптований до стічної води активний мул у кількості (0,01–0,05) % від загального об'єму мулу в аеротенку, відстоювали протягом 15–30 хв. для одержання більш концентрованої суспензії (концентрація мулу складала 5–6 г/дм<sup>3</sup>) і вводили хімічний мутаген (перексид водню) у співвідношення 1:5000–1:10000. Суміш активного мулу з мутагеном витримували при перемішуванні від 4 до 25 годин при температурі 22 °С. Підрощували суспензію активного мулу у поживному середовищі 10–12 годин для збільшення кількості утворених мутантних форм і вводили в лабораторний біореактор неповного витіснення [3].

Дослідження щодо обробки активного мулу перексидом водню (у концентрації 0,07 %) проводили у контактному режимі протягом 24 годин.

Результати досліджень надані у табл. 1.

**Табл. 1. Ступінь очищення стічних вод активним мулом, що оброблений перексидом водню ( $H_2O_2$ )**

Серія дослідів	Варіант активного мулу (А.М.)	ХСК, мгО/дм <sup>3</sup>		Ефект очищення, %
		до очищення	після очищення	
1	Звичайний активний мул А.М., оброблений $H_2O_2$	9170	8490	7,0
		5280	950	82,0
2	Звичайний активний мул А.М., оброблений $H_2O_2$	5000	1400	72,0
		5000	75	98,0
3	Звичайний активний мул А.М., оброблений $H_2O_2$	10800	7630	29,0
		10800	433	96,0
4	Звичайний активний мул А.М., оброблений $H_2O_2$	14400	13540	6,0
		14400	1140	92,0

Встановлено, що дія хімічного мутагену на активний мул, який адоптований до стічних вод, підвищує його властивість до окиснення і, відповідно, підвищує ступінь очищення в 10–15 разів.

Для інтенсифікації біологічної очистки на очисних спорудах з великими об'ємами стічних вод може бути використаний досить доступний мутаген – пероксид водню.

Обробка активного мулу пероксид водню у лабораторних умовах і внесення такого мулу в аеротенк показала можливість підвищення ферментативної активності мулу при біохімічному очищенні стічних вод. У разі безпосереднього контакту пероксиду водню з біомасою активного мулу найбільш оптимальні концентрації  $H_2O_2$ , які впливають на ферментативну активність мікроорганізмів, є концентрації 0,01 % і 0,005 %.

В результаті експериментальних досліджень визначені оптимальні умови оброблення активного мулу пероксидом водню: обсяг мулу, що був оброблений, складає 0,001-0,0001 %; доза пероксиду водню відносно мулу – 1:(5000-2000); частота оброблення – один раз у 10 днів. Результати дослідження надані у табл. 2.

**Табл. 2. Ступінь очищення стічних вод від органічних речовин активним мулом, обробленим пероксидом водню**

Серія дослідів	ХСК стічної води	Стічна вода, яка очищена активним мулом		Стічна вода, яка очищена активним мулом з попередньою обробкою $H_2O_2$	
		ХСК, мгО/дм <sup>3</sup>	ступінь очищення, %	ХСК, мгО/дм <sup>3</sup>	ступінь очищення, %
1	505	62	88	43	92
2	516	50	90	26	95
3	540	96	82	76	86
4	650	128	80	57	91

З даних табл. 2 видно, що після оброблення активного мулу пероксидом водню ефективність окиснення збільшилась до 95 %.

Встановлено, що при використанні пероксиду водню ( $H_2O_2$ ) для отримання мутагенного активного мулу найбільш оптимальною концентрацією є – 0,07 %, при якому ефективність окиснення органічної речовини за ХСК збільшилась до 95 %.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. Москва : АКВАРОС, 2003. 507 с.
2. Вильсон Е.В., Черникова Л.Ю. Использование пероксида водорода в системах очистки сточных вод. *Водамагазин*. 2009. № 5. С. 31–32.
3. Tsytlshvili K., Matsak A., Rybalova O. Method of agricultural sewage water purification at troughsand a biosorption bioreactor. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. № 5(10). Is. 95. P. 16–25. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.144138.

## УТИЛІЗАЦІЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ МІЮЧИХ РОЗЧИНІВ ЦЕХУ РЕМОНТУ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

*Чернишова Л.М., к.т.н., доцент,*

*Мовчан С.І., к.т.н., доцент,*

*Дереза О.О., к.т.н., доцент,*

*Скиба В.П., к.с.-г.н.*

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
ім. Дмитра Моторного*

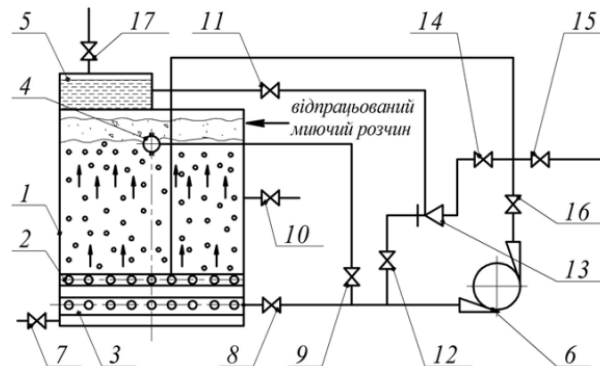
Забезпечення екологічної безпеки відпрацьованих миючих розчинів, технічних розчинів і рідин та інш. є важливою прикладною задачею, яка вирішується для переважної більшості промислових підприємств у різний спосіб. Насамперед, це пов'язано із кількісними і якісними показниками забруднень, які характеризують будь-яке виробництво.

Специфіка утворення відпрацьованих миючих розчинів, в умовах ведення сільськогосподарського виробництва, характеризується крім загальновідомих забруднень, масла, нафтопродукти, відходи гальванічного тощо, характеризуються забрудненням, які безпосередньо утворюються в роботі сільськогосподарської техніки. Насамперед, це пил, залишки ґрунту і речовин, які обробляються технікою в польових умовах тощо. Має місце утворення дуже стійких забруднень, забруднюючих речовин, а їх подальше розчинення потребує ефективного застосування еколого-безпечних методів утилізації відпрацьованих миючих розчинів. Дослідження процесів переробки відпрацьованих миючих розчинів і масломістких стічних вод механічного цеху ремонтно-механічного заводу, що утворюються на ділянках знежирювання, промивки дизелів, пропарювальних камерах вертикального типу визначає актуальність обраного напрямку досліджень. В результаті аналізу роботи виробничої діяльності ремонтних підприємств утворюються небезпечні для навколишнього середовища масломісткі відходи. Однак у літературних джерелах недостатньо висвітлені аспекти їх утилізації.

Основний виробничий цикл ремонту двигунів на ремонтно-механічному підприємстві складається з зовнішньої пропарці агрегату в пропарювальній камері зі скиданням стоків, що утворюються в збірній колодязь. Далі проводиться розбирання двигуна на окремі вузли і мийка їх в хрестових миючих машинах з періодичним скиданням відпрацьованих миючих розчинів в збірні ємності. Після відновлення деталей проводиться збирання дизеля і його випробування на стендах. Необхідні деталі електрорімічним шляхом оцинковують або хромують.

Основними джерелами виробничого водоспоживання є ділянка випробування дизелів, що надходять на ремонт, гальванічна ділянка з лініями цинкування і травлення деталей, миюча ділянка. Пропонується декілька локальних схем очищення стічних вод заводу з утилізацією цінних компонентів та їх повторного використання. Для цього стічні води і відпрацьовані технологічні розчини, що утворюються умовно поділяються на низькоконцентровані і концентровані. До низькоконцентрованих стічних вод відносяться стічні води від ділянки випробування дизелів, промивна вода від гальванічних ванн, скиди оборотної системи охолодження дизелів. Дослідження показали, що низькоконцентровані стічні води забруднені маслом, дизпаливом, суспензією, іонами важких металів. Концентрація нафтопродуктів досягає 1...4 г/л. Аналіз складу відпрацьованого миючого розчину дозволяє зробити висновок о доцільності його застосування в якості змазок для сталевих форм залізобетонних конструкцій.

Однією із задач, було удосконалення існуючих технічних рішень (рис.1), спрямованих на приготування мастила, на основі відпрацьованих миючих розчинів. Вона складається з приймача відпрацьованого масла, яке буде надходити з ділянки випробування дизелів і збірника масляного шламу ділянки мийки, збірника-емульгатора мастила, насоса для перемішування, ежекторного пристрою.



**Рис. 1. Принципова схема приготування мастила на основі відпрацьованих миючих розчинів, водомасляних емульсій і масломістких шламів:** 1 – збірник-емульгатор; 2 – розподільна труба; 3 – всмоктувальна перфорована труба; 4 – труба повторного збирання деемульгованого масла; 5 – збірник відпрацьованого масла і водомасляних емульсій; 6 – відцентровий насос; 7 – вентиль скидання осаду; 8 – вентиль подачі миючого розчину; 9 – вентиль повторного (додаткового) перемішування; 10 – вентиль для відбору проби; 11 – вентиль дозування відпрацьованого масла; 12 – вентиль подачі суміші на перемішування; 13 – ежекторний пристрій; 15 – вентиль подачі мастила на споживання; 16 – вентиль відключення напірної лінії, 17 – скидання відпрацьованого мастила та водо масляної емульсії.

Після приготування мастила (час перемішування 1...2 години) емульсія транспортується в машину для перевезення на будівельний комбінат. Отримана мастило є пожежобезпечним, не викликає корозії металевій поверхні, не допускає забруднення піддонів залишками бетону, не отруйне, не має гострого запаху, забезпечує можливість механізованого нанесення, добре утримується на вертикальній поверхні форм, не стікає під впливом вібрації, не замерзає при температурі повітря  $-18^{\circ}\text{C}$ .

## ЛІТЕРАТУРА

1. Ivanov V., Donchenko V., Lopata V. Preparation of emulsions based on emulsions based on spent greases. *Problems of tribology*. 2016. Vol. 80, № 2. P. 63–68.
2. Soliman M.M. [et al.]. Oil recovery by flotation from waste water as a source of lubricating grease. *Tribology and Lubrication Engineering : the materials of the 14 International Colloquium Tribology (Ostfildern, 13-15 Jan. 2004)*. Ostfildern: Techn. Akad. Esslingen, 2004. Vol. 3. P. 1533–1543.
3. Розділове мастило для металевих форм: пат. 26562 Україна u200706001; заявл. 30.05.2007; опубл. 25.09.2007, Бюл. № 15.
- 4 Чернишова Л.М., Мовчан С.І. Забезпечення екологічної безпеки поводження з рідкими відходами підприємств аграрного сектору країни. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного*: електрон. наук. фахове вид. 2021. Вип. 11 (2). С. 112–121. DOI: 10.31388/2220-8674-2021-2-11.



**ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНІ ПРОГРАМИ «ОХОРОНА ПРАЦІ»: ВИМІР  
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ***Шароватова О.П., к.п.н., доцент,**Цимбал Б.М., к.т.н.**Національний університет цивільного захисту України*

Необхідність підготовки компетентних фахівців з питань безпеки праці в умовах новітньої України диктується тим, що основні фонди більшості підприємств зношені, інколи перебувають навіть в аварійному стані, на відміну від розвинених країн світу рівень травматизму та професійних захворювань залишається високим. При цьому академічна спільнота пропонує відповідні освітньо-професійні програми, що задовольняють об'єктивний попит, обґрунтований в тому числі представниками органів державного та регіонального управління охороною праці і цивільним захистом, рекомендаціями служб охорони праці підприємств, установ та організацій різних форм власності.

Зокрема, освітньо-професійні програми «Охорона праці» бакалаврського і магістерського рівнів вищої освіти, запропоновані Національним університетом цивільного захисту України, систематично переглядаються і доопрацьовуються з позицій змістовного наповнення та перерозподілу часу, відведеного на вивчення окремих освітніх компонентів, що забезпечують набуття майбутніми фахівцями необхідних компетентностей та орієнтовані на формування у них самовдосконалення, лідерства і фахової відповідності векторам світового розвитку сфери охорони праці.

Метою освітніх програм є підготовка фахівців, які мають оволодіти компетентностями, потрібними для координації комплексу заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини під час трудової діяльності у різних професійних сферах, створення і підтримання здорових та безпечних умов праці, попередження виникнення нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві, а також знаннями, уміннями та практичними навичками щодо формування особистості фахівця, здатного вирішувати складні нестандартні проблемні завдання інноваційного та дослідницького характеру з питань цивільного захисту, виробничої та техногенної безпеки, управління охороною праці, що передбачають оцінювання та прогнозування тенденцій працезахоронної діяльності різних підприємств (установ, організацій), а також обґрунтування заходів з ризик-орієнтованого управління охороною праці з урахуванням світових та європейських стандартів.

Унікальність запропонованих програм полягає, по-перше, в орієнтації на практико-орієнтований підхід до підготовки здобувачів вищої освіти із залученням представників практичної сфери охорони праці та цивільного захисту, які володіють компетентностями практичної та управлінської діяльності у сфері виробничої та техногенної безпеки; по-друге, в орієнтації освітніх компонентів на світові вектори функціонування сфери безпеки праці, а саме розвиток у майбутніх фахівців з охорони праці ризикорієнтованого мислення, здатності оцінювати небезпеки з позицій ризикорієнтованого підходу як базисної основи інноваційності системи управління безпекою, прийняття неординарних творчих рішень у майбутній професійній діяльності, розвиток інноваційного лідерства, ефективних стратегій мислення; по-третє, у можливості набуття здобувачами вищої освіти знань, умінь і навичок, спрямованих на створення стратегій розвитку, економічної оцінки проєктованих систем захисту або інженерно-технічних рішень, розроблення та реалізацію комплексу заходів охорони праці, організацію й упровадження сучасних систем менеджменту техногенного й професійного ризиків на підприємствах і в організаціях, проведення моніторингу та складання прогнозу розви-

тку ситуації на підставі отриманих даних, обґрунтування заходів ризикорієнтованого управління охороною праці на підставі міжнародних директив.

У майбутньому такі знання і характеристики здобувачів вищої освіти стануть елементом культури управління безпекою підприємства, віддзеркаленням сформованості системи управлінських компетентностей, спроможності комплексно оцінювати і приймати управлінські рішення щодо безпеки розвитку об'єктів їхньої професійної діяльності.

Цілі зазначених освітньо-професійних програм відповідають місії Університету, що зберігає та поширює знання у природничій, технічній, суспільній і гуманітарній наукових сферах, пов'язаних із забезпеченням цивільного захисту населення і територій України, формує високоосвічену, національно свідому, чесну, небайдужу, творчу особистість, здатну незалежно мислити і професійно діяти згідно з принципами добра та справедливості, для розвитку відкритого і демократичного суспільства, його захисту від ризиків та викликів, що створює сучасна техногенно-екологічна та соціально-економічна ситуація у світі та Державі, що відображено в Стратегії розвитку закладу вищої освіти.

В основу освітньої діяльності покладається ідея органічного поєднання освіти, науки та практики; надання здобувачам вищої освіти можливості отримати не лише набір професійних знань, умінь та навичок, але й набір компетенцій, які дозволяють бути гнучкими, креативними і пристосованими до глобалізованого й мінливого професійного середовища та ринку праці.

Ураховуючи академічну свободу, науково-педагогічні працівники Університету самостійно обирають інструменти для проведення занять та форми контрольних заходів. Навчально-методичне забезпечення освітніх компонентів знаходиться в Електронній бібліотеці у вільному доступі. Платформа Moodle не є єдиною чи обов'язковою, а для проведення контрольних заходів успішно застосовується тестування.

Детально і завжди розглядаються питання забезпечення пожежної, техногенної безпеки та цивільного захисту територій і населення, що відповідає Стратегії розвитку Харківської області. У практичному вимірі це відбувається під час проведення виїзних занять на підприємствах, установах і організаціях, що відбивають мультирозвинену інфраструктуру Харківського регіону. Також зазначені питання відбиваються при написанні кваліфікаційних робіт та цілком забезпечуються виконанням завдань професійного стажування та переддипломної практики, відповідних завдань окремих освітніх компонентів.

Урахування інтересів здобувачів вищої освіти у навчальному плані передбачається частиною вибіркового компонентів. Університет систематично проводить роботу щодо можливостей участі здобувачів вищої освіти у програмах академічної мобільності та визнання результатів, отриманих у закладах-партнерах, а також з питань неформальної освіти та процедури перезарахування подібних результатів навчання.

Перспективами розвитку освітньо-професійних програм є підвищення якості освітнього процесу з урахуванням інноваційних змін в освіті та вимог на ринку праці, розширення залучення до викладання представників роботодавців, отримання партнерської підтримки закладів вищої освіти й установ інших країн.

## ОЦІНКА РИЗИКІВ – ОСНОВА УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ ПРАЦІ ТА ЗДОРОВ'ЯМ ПРАЦІВНИКІВ

*Шароватова О.П.<sup>1</sup>, к.пед.н., доцент,*

*Чеберячко С.І.<sup>2</sup>, д.т.н., професор*

*<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,*

*<sup>2</sup>Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»*

Будь-який різновид трудової діяльності вимагає особливого підходу з позицій її особливостей і специфіки, рівня ризику, фаховості працівників, умов праці тощо. Якщо не вдасться повністю усунути небезпеку і не виключається навіть незначний рівень ризику, мають бути розроблені відповідні безпечні методи, що є обов'язковими для виконання, при здійсненні такої діяльності.

Система безпечної праці (Safe Systems Of Work, SSOW) – це комплекс певних процедур, ретельно відібраних з огляду на поставлене виробниче завдання. Потрібну процедуру визначають з урахуванням компетентності працівників, властивостей матеріалів, що використовуються, та характеристик обладнання [1].

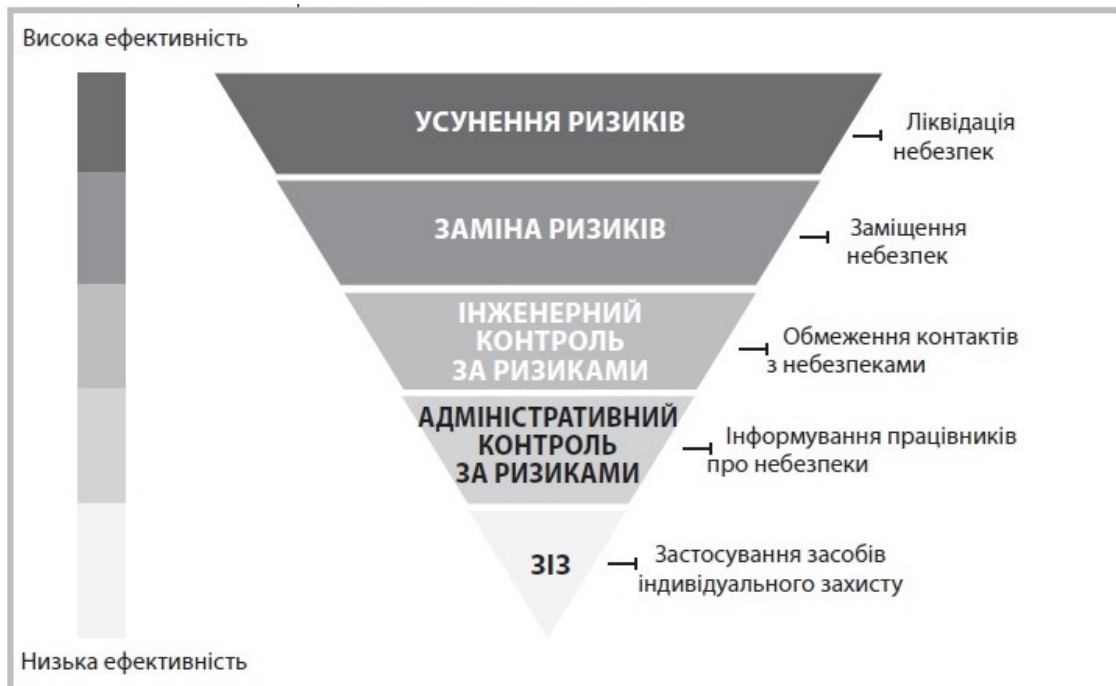
Основною перевагою системи є комплексний аналіз ризиків, що передбачає ідентифікацію небезпек та оцінку професійних ризиків, які проводять для мінімізації їх негативних впливів на працівників, особливо через звичайні помилки, що у свою чергу значною мірою впливає на прийняття рішення щодо застосування SSOW. Зокрема, для робіт з невисоким ризиком наводиться перелік певних правил, виконання яких гарантує безпеку. Для робіт з високим рівнем ризику – складаються не тільки інструкції, а й вимоги до виконавців, до навчання та перевірки їхньої компетентності.

Існує певний шаблон, за яким розробляється покрокова інструкція, але його доречно змінювати залежно від обставин і завдань. Зокрема, у Карті системи безпечної праці може зазначатись: місце, де виконується робота; дата створення Карті; хто здійснює перевірку; опис роботи; що потрібно зробити (завдання); як потрібно зробити (методи роботи); що потребує особливої уваги (навчання); ідентифікація небезпек; оцінка ризиків; що потрібно зробити перед початком роботи; інструменти та обладнання; засоби індивідуального захисту, потрібні для виконання завдання; робочі процедури; заходи під час аварійних ситуацій; необхідність утилізації та видалення відходів, прибирання робочого місця [1] тощо.

Найбільш простим і доступним підходом до оцінки професійного ризику на виробництві, є метод «5 кроків» (ідентифікація небезпеки, визначення шкоди, оцінка ризиків та визначення запобіжних заходів, керування ризиками, перегляд оцінки ризиків), запропонований Управлінням з охорони праці (Health and Safety Executive, HSE) Великої Британії для виявлення небезпек та контролю за ризиками на робочих місцях з метою захисту здоров'я та безпеки працівників [2].

Процедура JSA (Job Safety Analysis – робота, безпека, аналіз) спрямована на дослідження взаємозв'язку між працівниками, їх завданнями, інструментами та виробничим середовищем [3]. Цим вона пов'язана з відомим принципом оцінки ризиків під час виконання ручної роботи TILE (Task, Individual, Load, Environment – укр. завдання, індивідуальний, навантаження, довілля), який вказує на потребу: фізіологічної оцінки ручної праці (вага, ритм, темп праці, напруженість та ін.); перевірки відповідності індивідуальних характеристик працівника виконуваний роботі (чи здатен він самостійно її виконати, чи потрібна допомога); визначення впливу ручної праці на здоров'я працівника; урахування впливу умов праці та виробничого середовища на виробничу діяльність працівників.

Процедура JSA відрізняється від класичного методу п'ятикрокової оцінки ризику більш ретельним опрацюванням небезпек, характерних для виконання конкретного виробничого завдання [3].



**Рис.1. Ієрархія запобіжних заходів для зниження ризиків.**

Забезпечувати вищезазначені аспекти можна завдяки здійсненню постійного навчання працівників на основі формування ризик-орієнтованого мислення через ситуаційну обізнаність, формування у них відповідного ставлення до виробничих операцій, що виступають потенційними джерелами небезпек, як елемента поведінки, спрямованої на збереження їхнього здоров'я і працездатності; формування потреби прислухатись один до одного і підтримувати один одного, нейтралізуючи слабкі сторони своїх колег за допомогою методів «я для тебе, ти для мене». На основі такої методології, що успішно застосовується у різних сферах життєдіяльності людини, побудована концепція полковника Джона Бойда «Цикл OODA», яку успішно використовують у навчанні військових – «дій на випередження або якісніше приймай рішення і залишишся живим» (Observe – спостерігай; Orient – оцінюй; Decide – вирішуй; Act – дій).

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Чеберячко С. Система безпечної праці (SSOW). *На допомогу спеціалісту з охорони праці. Додаток до журналу «Охорона праці»*. № 4/2021. С. 16–25.
2. Чеберячко С. Безпека за п'ять кроків. *На допомогу спеціалісту з охорони праці. Додаток до журналу «Охорона праці»*. № 10/2021. С. 28–32.
3. Чеберячко С. Аналіз безпеки робіт за допомогою методу JSA. *На допомогу спеціалісту з охорони праці. Додаток до журналу «Охорона праці»*. № 10/2020. С. 14–20.

**ВПЛИВ НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ РАДІОАКТИВНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ  
ТА НИЗЬКОІНТЕНСИВНОЇ ПОСТІЙНОЇ ПРИРОДНОЇ РАДІАЦІЇ***Шевчук О.М., к.мед.н.**Центральноукраїнський інститут розвитку людини*

Іонізуючі випромінювання існували на Землі ще задовго до появи на ній людини. Проте вплив іонізуючих випромінювань на організм людини був виявлений лише наприкінці XIX ст. з відкриттям та дослідженням явища радіоактивності французькими вченими-фізиками А. Беккерелем, П. Кюрі та М. Склодовською-Кюрі. Вплив радіації на організм безпосередньо залежить від інтенсивності виділення радіації та від тривалості перебування в її полі дії. Дія радіоактивного випромінювання у великих дозах на організм людини призводить до серйозних наслідків. Під час опромінення організм отримує дози радіації, які проникають в клітини організму і починають руйнувати їх. Хвороби, що викликаються радіацією можуть бути найрізноманітніші починаючи від звичайного порушення обміну речовин і закінчуючи важкими хронічними захворюваннями.

Ризик розвитку раку легенів у шахтарів, пов'язаний з високою концентрацією в шахтах радіоактивного газу радону, вивчався в ряді робіт, проведених в Чехословаччині (до розпаду цієї країни), США, Швеції, Китаї. У всіх цих дослідженнях показано значне підвищення ризику смерті від раку легенів. Крива доза-ефект мала строго лінійний характер.

Дані про підвищений ризик розвитку злоякісних пухлин серед працівників різних ядерних установок суперечливі. Більшість епідеміологічних досліджень, заснованих на спостереженні за цим контингентом, не виявили підвищення захворюваності, а в ряді з них виявлено «дефіцит» захворювання на рак, що можна пояснити так званим ефектом «здорового робочого». У деяких дослідженнях виявлено підвищення ризику лейкозу (крім хронічного лімфоїдного) і мієломної хвороби. У той же час показано зниження ризику раку легенів і простати.

Результати останніх досліджень, в які були включені первинні дані працівників різних ядерних підприємств США і Канади, кажуть, скоріше, про зниження ризику раку в результаті ефекту «здорового робочого», ніж про його підвищення. Потрібно підкреслити, що доза радіації, отримана працівниками на цих підприємствах, не перевищувала 5 сГр (0,05 Гр). Кооперативне дослідження, в яке були включені американські та англійські дані по 76 тис. працівників ядерних установок, показало, що лише 9 з 3976 випадків злоякісних пухлин можна пов'язати з радіацією.

Вчені-лікарі володіють результатами досліджень, які проводилися в різних країнах навколо ядерних підприємств. У більшості цих робіт не вдалося виявити підвищення захворюваності і смертності від раку. У деяких дослідженнях було виявлено незначне підвищення захворюваності злоякісними пухлинами серед дітей. Однак в більшості випадків ці знахідки не підтвердилися.

Питання захисту людини від негативного впливу іонізуючого випромінювання постали майже одночасно з відкриттям рентгенівського випромінювання і радіоактивного розпаду. Це зумовлено такими факторами: по-перше, надзвичайно швидким розвитком застосування відкритих випромінювань в науці та на практиці, і, по-друге, виявленням негативного впливу випромінювання на організм. Заходи радіаційної безпеки використовуються на підприємствах і, як правило, потребують проведення цілого комплексу різноманітних захисних заходів, що залежать від конкретних умов роботи з

джерелами іонізуючих випромінювань і, передусім, від типу джерела випромінювання.

Закритими називаються будь-які джерела іонізуючого випромінювання, устрій яких виключає проникнення радіоактивних речовин у навколишнє середовище при передбачених умовах їхньої експлуатації і зносу. Це – гамма-установки різноманітного призначення; нейтронні, бета і гамма-випромінювачі; рентгенівські апарати і прискорювачі заряджених часток. При роботі з закритими джерелами іонізуючого випромінювання персонал може зазнавати тільки зовнішнього опромінення.

Захисні заходи, що дозволяють забезпечити умови радіаційної безпеки при застосуванні закритих джерел, ґрунтуються на знанні законів поширення іонізуючих випромінювань і характеру їхньої взаємодії з речовиною. Головні з них такі: доза зовнішнього опромінення пропорційна інтенсивності випромінювання і часу впливу; інтенсивність випромінювання від точкового джерела пропорційна кількості квантів або часток, що виникають у ньому за одиницю часу, і обернено пропорційна квадрату відстані; інтенсивність випромінювання може бути зменшена за допомогою екранів.

З цих закономірностей випливають основні принципи забезпечення радіаційної безпеки: зменшення потужності джерел до мінімальних розмірів («захист кількістю»); скорочення часу роботи з джерелом («захист часом»); збільшення відстані від джерел до людей («захист відстанню»); екранування джерел випромінювання матеріалами, що поглинають іонізуюче випромінювання («захист екраном»).

Шляхи підвищення життєдіяльності в умовах радіаційної небезпеки. Актуальним для жителів багатьох районів України є питання про виживання в умовах підвищеної радіації. Оскільки зараз основну загрозу становлять радіонукліди, що потрапляють в організм людини з продуктами харчування, слід знати запобіжні й профілактичні заходи, щоб сприяти виведенню з організму цих шкідливих речовин.

Сучасна концепція радіозахисного харчування базується на трьох принципах: обмеження надходження радіонуклідів з їжею; гальмування всмоктування, накопичення і прискорення їх виведення; підвищення захисних сил організму; пошук та створення радіозахисних харчових речовин і продуктів (антимутагени та радіопротектори).

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Дефорж Г.В., Дорогань С.Б., Коваленко П.Г. Радіоактивне випромінювання: вплив на здоров'я людини низькоінтенсивної постійної природної радіації в Україні та світі. National Health as Determinant of Sustainable Development of Society : monograph. School of Economics and Management in Public Administration in Bratislava. 2021. P. 131-154. URL: [http://www.vsemvs.sk/portals/0/Subory/Mono\\_VSEMvsMED2021.pdf](http://www.vsemvs.sk/portals/0/Subory/Mono_VSEMvsMED2021.pdf).

2. Шевченко О.А., Дорогань С.Б. Радіотревожність населення. Сприйняття підприємств радіо-енергетичного комплексу мешканцями України : монографія. LAP LAMBERT Academic Publishing. 2020. 137 с.

УДК 620.952:338.

**ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНОГО ЦЕОЛІТУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИРОДНИХ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД І СТІЧНИХ ПОВЕРХНІВНИХ ВОД***Юрченко В.О., д.т.н., професор,**Мельнікова О.Г., к.т.н., доцент**Харківський національний університет будівництва та архітектури*

Серед широкого спектра наявних методів очищення природних та стічних вод особливо ефективним та перспективним є адсорбційний метод. Це зумовлено тим, що він дозволяє порівняно за невеликих затрат досягати високого ступеня очищення. Завдяки високій адсорбційній здатності серед відомих сорбентів дедалі ширшого використання в технологіях очищення води набувають природні сорбенти серед великої кількості природних сорбентів значну увагу привертають природні цеоліти, зумовлену особливостями їх кристалічної структури та високими адсорбційними й іонообмінними властивостями. Адсорбційні методи перспективні для очистки як в процесах підготовки питної та технічної вод (особливо при використанні в якості джерела водозабору поверхневих природних вод), так і для очистки поверхневих стічних вод зимового та літнього сезонів перед скидом в природні водойми [1, 2].

До особливо небезпечних поверхневих стічних вод відносяться змиви з автомобільних доріг та територій придорожного простору. На сьогоднішній день в Україні поверхневий стік, що відводиться з міських територій, не проходить ніякої очистки, в кращому випадку виконується тільки механічне очищення від завислих речовин, що не видаляє розчинні органічні та неорганічні сполуки. А методи сорбційної очистки в фільтрувальних установках із застосуванням специфічних фільтрантів мають серйозні перспективи. Серед основних вимог, що забезпечують безпеку питної води – концентрація неорганічних азотовмісних сполук. В даний час для видалення азотистих сполук із природних та стічних вод успішно застосовують фільтранти, що володіють іонообмінними властивостями Фтор – є одним з хімічних елементів, мікрокількість якого обов'язкові для повноцінного функціонування організму людини. Його вміст у воді питного призначення жорстко нормується як за мінімальною, так і за максимальною допустимою концентрацією. Рекомендована Всесвітньою організацією охорони здоров'я концентрація фтору в питній воді – 0,7–1,5 мг/дм<sup>3</sup> [3–5].

Метою роботи є встановлення ефективності очищення поверхневих природних та стічних вод від амонійного азоту, фторидів та нафтопродуктів за допомогою природного цеоліту.

В експериментах в якості адсорбента був використаний цеолітовий туф родовища в Закарпатській обл., який в даний час успішно використовується на комплексі водопідготовки в м. Харкові. Фракції цеоліту отримували розсіюванням на ситах. Для очищення використовували модельні водянні середовища, які готували на водопровідній воді. Концентрацію досліджуваних забруднень у модельних природних водах створювали шляхом додавання відповідних солей. Модельні поверхневі стічні води готували шляхом емульгування дизельного палива в дистильованій воді при перемішуванні механічною мішалкою. Експерименти проводили в динамічних і статистичних умовах. Використовували 2–4 фракції цеоліту з розміром часток від 0,315 до 2,5 мм. Концентрацію забруднень у модельних природних та стічних водах встановлювали згідно з методиками, що рекомендуються нормативними документами.

Експериментальні дані, отримані при фільтруванні модельних стічних вод через шар природного цеоліту, наведено в табл. 1. Найбільш ефективно модельні стічні



води очищались від амонійного азоту у фільтрі з фільтрантом, який мав розмір фракції цеоліту 0,315–0,63 мм, що узгоджується з даними науково-технічної літератури.

**Табл. 1. Ефективність очищення модельних поверхневих стічних вод від амонійного азоту при фільтруванні через природний цеоліт**

Тривалість фільтрування, хв.	Ефективність очищення (%) при розмірі фракції цеоліту, мм		
	0,315–0,63	0,63–1,25	1,25–2,5
5	70,2	71,8	66,8
10	97,2	94,2	74,8
15	100	98	77,8
20	100	100	99,4
30	100	100	100

Мінімальні значення контакту оброблюваної води з фільтрантом, при яких досягається 100 % ефект очищення від амонійного азоту, становили: для фракції цеоліту 0,315–0,63 мм – 15 хв, для фракції 0,63–1,25 мм – 20 хв, для фракції 1,25–2,5 мм – 30 хв. Найбільшу сорбційну ємність - близько 26 мг/г, має фракція цеоліту 0,63–1,25.

Результати обробки фторвмісної води цеолітом (фракція 1–2 мм) представлені в табл. 2.

**Табл. 2. Ефективність очищення вод від фторидів природним цеолітом**

Тривалість контакту, хв.	Концентрація фторидів, мг/дм <sup>3</sup>		
0	5,2	10,1	20,0
20	0,9	6,3	15,1
40	0,2	5,2	15,1
60	0,1	5,0	15,0

Виходячи з одержаних результатів середня сорбційна ємність дослідженого цеоліту до фторидів складає 0,51 мг/г. Досліджений цеоліт вже використовується на спорудах підготовки питної води в м. Харкові в якості засипки швидких фільтрів для видалення завислих речовин. Як встановлено, така обробка зменшує і до того значно нижчу нормативного рівня концентрацію фторидів у воді питного призначення.

В експериментах з очищення модельних змивів з автомобільних доріг встановлено, що у перші 10 хв контакту стічних вод з цеолітами найвища швидкість очищення від НП (312 мг/г·год) досягається у найдрібнішій фракції цеоліту ( $\leq 1$  мм). В динаміці обробки швидкість видалення НП цеолітами всіх фракцій стабільно зменшувалась. Встановлена сорбційна ємність цеоліту щодо НП (0,7–2,0 мм) кореспондується з результатами досліджень різних цеолітових туфів, виконаних іншими авторами.

Одержані дані експериментальних досліджень свідчать, що природний цеоліт володіє сорбційною здатністю до амонійного азоту (іонообмінну), фторидів та нафтопродуктів. Ця властивість є перспективною для використання у водопідготовці (очистці природних вод для питного водокористування) та очистці поверхневих стічних вод. Проте при використанні природного цеоліту для водопідготовки необхідно враховувати його сорбційні властивості до фторидів та концентрацію фторидів в воді, призначеній для питного водокористування, щоб запобігати створенню дефіциту фторидів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Malovanyu M., Petrushka K., Petrushka I. Improvement of Adsorption-Ion-Exchange Processes for Waste and Mine Water Purification. *Chemistry & Chemical Technology*. 2019. 13(3). P. 372–376. URL: <https://doi.org/10.23939/chcht13.03.372>.

2. Zasadko I.B., Polutrenko M.S., & Mandryk O.M. Use of zeolite for cleaning of natural water and effluents of communal enterprises. *Scientific Bulletin of UNFU*, 2017. 27(5). P. 63–66.

3. Улаштування поверхневого водовідведення на територіях міст і селищ СОУ ЖКГ 41.00-35077234. 0018:2009. Прийнято та надано чинності: наказ Міністерства з питань житлово-комунального господарства України.

4. ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». Зареєстровано в Міністерстві Юстиції України 1 липня 2010 р. по № 452/17747. 39 с.

5. Рыжак А.В. Кинетические характеристики трансформации азотсодержащих соединений в природной воде. *Экологическая химия*. 2012. 21(2). С. 117–124.

**DETERMINATION OF RATIONAL COMPOSITION  
AND PROPERTIES OF BUILDING MATERIALS BASED  
ON ASH-AND-SLAG WASTE FROM COAL AND MASUTE FUEL COMBUSTION  
AT HEAT-AND-ELECTIC POWER STATION**

**O. Kondratenko<sup>1</sup>**, *Doctor of Sciences (Engineering), Associate Professor,*  
**V. Koloskov<sup>1</sup>**, *Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor,*  
**H. Koloskova<sup>2</sup>**, *Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor,*  
**M. Kozulia<sup>3</sup>**, *Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor,*  
**T. Oliinyk<sup>4</sup>**, *Master of Sciences, Leading Specialist,*  
**V. Krasnov<sup>4</sup>**, *Master of Sciences*

<sup>1</sup>*National University of Civil Defense of Ukraine,*

<sup>2</sup>*N.E. Zhukovsky National Aerospace University «KhAI»,*

<sup>3</sup>*National Technical University «KhPI»,*

<sup>4</sup>*Main Directorates of the State Emergency Service of Ukraine in Dnipropetrovsk and Do-  
netsk Region*

In the study developed a method for determining the rational technical and economic indicators of building materials (BM) with the addition of ash-and-slug (A&S) as waste from the combustion of masute and coal at a heat-and-electric (H&E) power plant (PP) with a capacity of 1,7 GW [1–3], namely the rational composition and flexural strength, and obtained the results of its application. Such studies aimed to reduce the negative man-made impact on the lithosphere by developing an appropriate environmental protection technology (EPT) [4–6]. The analysis of the composition and properties of cement-sand mixture (CSM) was performed [7], 8 variants of research study of A&S waste utilization as replacement of sand in BM from CSM, namely from basic to complete replacement are offered. The values of bulk and apparent density of bulk from A&S waste granules and the true density of products with the addition of A&S waste for all variants of its content are determined. An experimental determination of the fractional composition of A&S waste granules, presented as hyperboloids and spheres with equivalent diameter, was performed. A sieve with variable woven mesh of different cell sizes was designed for classification of A&S waste granules. The geometrical parameters of experimental samples of products with the addition of ash slag were determined according to the method developed on the basis of the provisions of the scientific-applied discipline «Resistance of Materials» [8]. The geometric shape of the samples was chosen – a rectangular parallelepiped with dimensions  $a = 35$  mm,  $b = 70$  mm and  $c = 140$  mm. The rational composition of the BM with the addition of A&S waste granules was selected based on the results of 2 stages of experimental research – mechanical bending tests as straight two-support beams on a rupture machine. It was found that the flexural strength of such BM when replacing part of the sand is CSM on the A&S waste granules initially increases from the value for pure CSM to a maximum of 8,5 MPa at an A&S waste content in the material of 40 %. It was also found that for samples with this composition and after exposure for 1–7 days, the strength of the sample material increases by 1,5 times. It is proposed to provide a complex assessment of the efficiency of A&S waste disposal in the BM the index of efficiency of A&S waste disposal in the BM  $I_{EM}$ , which refers to the strength limit to the density of the material per unit value, described by formula (1), where  $\sigma_{max}$  – flexural strength of the material, MPa;  $\rho_c$  – material density, kg/m<sup>3</sup>;  $P_s$  – mass unit price of material, \$/kg. The results of calculation of the index magnitudes for all research variants in both absolute and relative values are obtained. The results of calculating the magnitudes of the  $I_{EM}$  index for both stages of the study are illustrated in Fig. 1–2 and is described by the least squares method by polynomials of the 2nd de-

gree – see formulas (2) and (3), where  $C(A\&S)$  – relative mass content of A&S waste granules in BM, %;  $\tau$  – duration of exposure during hardening of the solution, days.

$$I_{EM} = \sigma_{\max} / (\rho_c \cdot P_s) \cdot 10^3, \text{ kJ}/\$. \quad (1)$$

$$I_{EM}(\tau = 1 \text{ day}) = -2,02 \cdot 10^{-2} \cdot C(A\&S)^2 + 1,36 \cdot C(A\&S) + 19,04, \text{ kJ}/\$, \quad (2)$$

$$I_{EM}(C(A\&S) = 40 \%) = -0,22 \cdot \tau^2 + 3,95 \cdot \tau + 40,91, \text{ kJ}/\$. \quad (3)$$

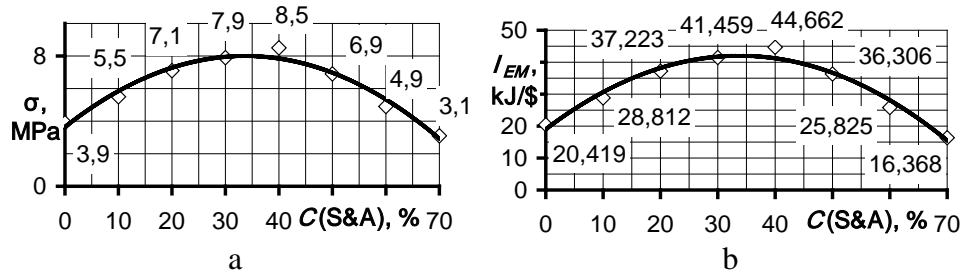


Fig. 1. Results of the first stage of testing.

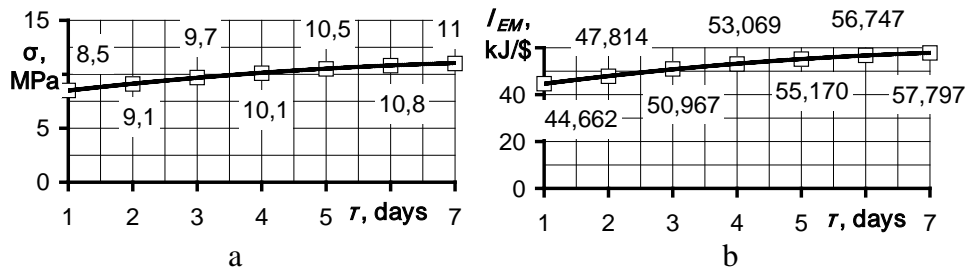


Fig. 2. Results of the second stage of testing.

### REFERENCES

1. Ecological passport of the region. Dnipropetrovsk region. 2020. 235 p. URL: [https://menr.gov.ua/files/docs/eco\\_passport/2020/Дніпропетровської%20області%20за%202020%20рік.pdf](https://menr.gov.ua/files/docs/eco_passport/2020/Дніпропетровської%20області%20за%202020%20рік.pdf).
2. Ecological passport of the region. Dnipro region. 2020. Department of Transport and Environmental Protection of Dnipro City Council. 64 p.
3. Environmental Impact Assessment Report of «DTEK Dniproenergo» PJSC. Kyiv, Ministry of Environmental Protection of Ukraine, 2018. № 2. P. 57–114.
4. Kondratenko O.M., Koloskov V.Yu., Derkach Yu.F., Kovalenko S.A. (2020) Physical and mathematical modeling of processes in particulate matter filter in practical application of criteria based assessment of ecological safety level : Monograph, Styl-Izdat, Kharkiv. ISBN 978-617-7912-64-3.
5. Kondratenko O., Koloskov V., Kovalenko S., Derkach Yu. (2021) Research of Technical and Economic Properties of Material of Porous Fuel Briquettes from the Solid Combustible Waste Impregnated with Liquid Combustible Waste, Materials Science Forum. № 1038. P. 303–314. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1038.303>.
6. Vambol S.O., Mishchenko I.V., Koloskov V.Yu., Kondratenko O.M. (2018) Ecological Safety Management Systems. Lecture notes, Kharkiv, NUCDU. 60 p.
7. Andrienko V.M., Pozdeev S.V., Otrosh Yu.A., Yeremenko S.A., Tyshchenko O.M., Nekora O.V. (2014) Training manual «Buildings and structures and their behavior in fire conditions», Kyiv, IDUCZ. 295 p.
8. Derkach Yu.F., Koloskov V.Yu., Kondratenko O.M., Mishchenko I.V., Chernobay G.O. (2020) Applied Mechanics : Lecture course. Kharkiv, NUCDU. 530 p.

**APPLYING GEOINFORMATION SYSTEMS TO ASSESS THE RELEASE OF  
RADIONUCLIDES IN CASE OF FIRES IN THE RADIOACTIVELY  
CONTAMINATED TERRITORIES OF UKRAINE**

*T. Mahlovana<sup>1</sup>, Doctor of Sciences, Associate Professor,*

*V. Dolin<sup>2</sup>, Doctor of Sciences, Professor,*

*O. Myroshnyk<sup>1</sup>, Doctor of Sciences, Professor,*

*I. Nozhko<sup>1</sup>, Ph.D*

*<sup>1</sup>Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of National University of  
Civil Defence of Ukraine,*

*<sup>2</sup>State Institution «Institute of Environmental Geochemistry of the National Academy of Sci-  
ences of Ukraine»*

After the accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant, which according to the INIS international scale of nuclear incidents is classified as an accident of the highest, seventh level, the release of radioactive elements into the environment led to severe social and economic disturbances that had significant environmental and medical consequences. The greatest radioactive contamination in the territory of Ukraine, as a result of the Chernobyl disaster, was experienced by the zone of Ukrainian Polissia, the northern part of Zhytomyr (60 %), Kyiv (52,2 %), Rivne (56,2 %), Volyn (20 %) and Chernihiv (20 %) regions [1].

Forest ecosystems acted as the main barrier within a large area of radionuclide spread. This is due to the fact that forest ecosystems can create active aerodynamic drag when the surface air mass enters tree crowns and filter air flows, effectively absorbing radioactive particles. Currently, the forest ecosystems, both in the exclusion zone itself and in the adjacent territories, are a long-term source of radiation and environmental hazard. Radionuclides that have migrated into the soil are firmly fixed and carried away into the biological cycle, which makes it possible to predict the spatial and temporal dynamics of the radiation status in these territories in the absence of crisis phenomena such as dust storms, forest fires, tornadoes, heavy rains, earthquakes. These phenomena violate the integrity of the forest ecosystem and its barrier function, thus affecting vegetation, soil, hydrochemical, geochemical, and thermal balances, as well as contributes to secondary radioactive contamination of relatively clean areas, increasing the dose load [2–3].

In the work explored an analysis of the consequences of forest fires in March-April 2020 in the radioactively contaminated territory of the Narodychi district (Zhytomyr region), and analyzes repeated fires in the territory of the studied area in March 2022 [4–6]. Based on satellite remote sensing data, the calculation of the total burned area and the amount of radionuclides that entered the surface layer as a result of fires is given. Based on the data of geoinformation technologies, a method is proposed for assessing the formation of an individual effective dose of internal exposure for three groups of the population: children, adults, personnel of fire departments.

The causes of these fires could be military operations, deliberate arson, as well as careless burning of dry remains of last year's vegetation in meadows and agricultural lands by residents of villages located in the radioactively contaminated territories. It should be taken into account that near the source of the fire, the activity of radionuclides in the air is maximum, and the contribution to the total effective dose is made by transuranium elements [7]; furthermore, the active concentrations of radionuclides in smoke particles are much higher compared to the original vegetation, so prolonged exposure to smoke enhances the inhalation of radionuclides associated with smoke particles [8], which determines the availability of anti-radiation protection for fire extinguishing participants.

The inhalation intake of radionuclides (especially, the isotopes of the transuranium series) can affect the change in the average annual equivalent doses not only of the fire extinguishing participants, but also of the people residing near the source of the fire [9]. Nonetheless, the main role in the environmental hazard for the population of radioactively contaminated territories is played by the oral component, namely, forest products, which are renewed after fires. The deposited forms of radionuclides in the ecosystem turn into mobile forms due to fires, which enter the food chains after the forest commodities are restored.

Thus, forest fires act as catalysts for dangerous changes in the parameters of ecosystem radioactive contamination. Taking into account the predicted climate change, one should expect an increase in radiation risks to the human living environment associated with forest fires in radioactively contaminated territories. Since the lifetime of a radioactive smoke cloud in the lower troposphere is less than a week and is about a month in the upper troposphere, this creates a radiation hazard to public health even in relatively remote regions [2].

Because of the passage of a radioactive cloud of forest fire smoke over the settlements, their residents are exposed to the following radiation hazards: external exposure due to smoke plume; external exposure to nuclides deposited from the smoke plume onto the parts of the environment; internal exposure due to inhalation of radioactive particles (smoke and dust aerosols); internal exposure due to the intake of radionuclides into the human body with food (forest commodities, medicinal herbs, mushrooms, berries, water, milk, etc.).

Therefore, forest fires, and long-term and large-scale ones even more, occurring in the zones of radiation contamination, are a dangerous natural phenomenon that threatens not only national environmental security, but also other countries of the world due to of transboundary migration of radionuclides.

## REFERENCES

1. L.D. Romanchuk. Radioecological assessment of the formation of dose load in residents of rural areas of Polissya of Ukraine, Zhytomyr, Polissya, 2015.
2. N. Evangeliou, S. Zibtsev, V. Myroniuk, et al. Resuspension and atmospheric transport of radionuclides due to wildfires near the Chernobyl Nuclear Power Plant in 2015: An impact assessment / Scientific Reports 6: 26062–26075.
3. N. Evangeliou, S. Eckhardt. Uncovering transport, deposition and impact of radionuclides released after the early spring 2020 wildfires in the Chernobyl Exclusion Zone. Sci Rep. 10 (2020) 10655.
4. Information on URL: <http://www.ispnpp.kiev.ua/spivrob-talerko/>.
5. Information on [krzu.gov.ua/20-kat-informatsiia/1636-dovidka-vid-02042022-pro-radioaktyvne-zabrudnennia-atmosfery-za-period-z-26-po-31-bereznia-2022-roku](http://krzu.gov.ua/20-kat-informatsiia/1636-dovidka-vid-02042022-pro-radioaktyvne-zabrudnennia-atmosfery-za-period-z-26-po-31-bereznia-2022-roku).
6. Information on URL: [https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u184/information\\_firecez\\_n3.pdf](https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u184/information_firecez_n3.pdf).
7. A. A. Dvornik, A. M. Dvornik, R. A. Korol, et al. Radioactive Contamination of Air as a Result of Forest Fires and Its Threat to a Human Health. *Radiat. & Risk*. 25 2016. P. 100–108.
8. F. P. Carvalho, J. M. Oliveira, M. Malta Exposure to radionuclides in smoke from vegetation fires. *The Science of the total environment*. 472. 2014. P. 421–424.
9. J.J. Whicker, J.E. Pinder, et al. From dust to dose: Effects of forest disturbance on increased inhalation exposure. *The Science of the total environment*. 368. 2006. P. 519–530.

**INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE PROCESS OF PASSAGE OF CHAIN ELEMENTS THROUGH THE SPROCKET DRIVE OF THE SCRAPER CONVEYOR SP 250 ON THE TECHNOGENIC SAFETY OF ITS TRACTION BODY**

*M. Repetenko<sup>1</sup>, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor,  
O. Chebotariova<sup>2</sup>,*

*O. Kondratenko<sup>1</sup>, Doctor of Sciences (Engineering), Associate Professor,  
V. Koloskov<sup>1</sup>, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor,  
H. Koloskova<sup>3</sup>, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor*

*<sup>1</sup>National University of Civil Defence of Ukraine,*

*<sup>2</sup>Kharkiv Mechanical Technical School named after O.O.Morozov,*

*<sup>3</sup>N.E. Zhukovsky National Aerospace University «KhAI»*

The study presents the methodology and results of research on the interaction of elements of the round link chain, namely the connecting links, the most common at Ukrainian coal mining enterprises scraper conveyor SP 250, manufactured by Public Joint Stock Company «Kharkiv Machine Building Plant «SVET SHAKHTYORA» with a drive sprocket. As a result of the conducted researches it is established that at passing of a connecting link of a traction body of the scraper conveyor SP 250 on a sprocket tangential stresses which thus arise in its dangerous sections do not acquire critical values. When studying the problem of durability of the connecting link of the traction body of the scraper conveyor SP 250, the main attention should be paid to the load regime on the leading section of the chain. The stage of passing the sprocket, although it has its own specific load, but does not significantly affect the problem of durability of the connecting link of the traction body of the scraper conveyor SP 250.

The need for safe coal mining places demands on mining equipment and, in particular, on underground transport. The scraper conveyor is an important element of mechanized slaughter complexes. Safe and efficient operation of the scraper conveyor largely ensures efficient and safe operation of the entire mechanized downhole complex. A significant number of failures that lead to downtime of the scraper conveyor, injuries (often fatal) for the staff of coal mining companies in Ukraine, due to the impulses of its traction body.

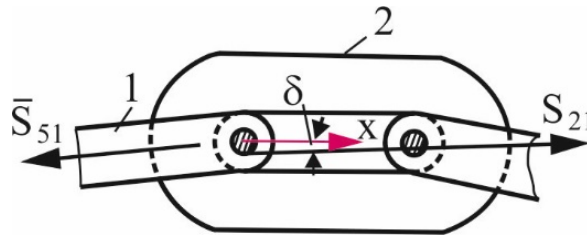
The purpose of this work is to study the loads during the passage of the connecting links on the sprocket drive and determine these loads in sections 8 and 9 on the strength of the connecting link. In previous years, a sufficient amount of literature has been published on various issues of scraper conveyors and its elements [1–4]. Designs for attaching the scraper to the chain, which are used in the United States, France, Germany, Great Britain, Poland, are given in the publication [5]. An important problem of determining the value of the pretension of the scraper conveyor chain is considered in [6]. However, modern publications do not sufficiently study the processes of interaction of the elements of the round link chain with the sprocket of the scraper conveyor, although these processes can have a significant impact on the safe and stable operation of the scraper conveyor. Yet not enough attention was paid to operation of the conveyors under extreme conditions.

The study of the interaction of the sprocket with the chain was considered in the middle section of the sprocket, which, although fictitious, can be used to determine the equivalent pressure forces of different elements of the chain. Further calculations were performed in relation to the chain traction scraper conveyor SP 250.

The interaction of the horizontal link 2 with the asterisk begins at the time of collision of its slave hinge O with the bottom of the cell. The following forces act on this link (see Fig.



1):  $\bar{S}_{41}$  – tensile force of the leading branch of the chain transmitted through the vertical link 5,  $\bar{S}_{51}$  – force of interaction of horizontal link 1 and vertical link 2,  $\bar{N}_{41}$  – normal reaction component of link 1 and bottom cell 4,  $F_{41} = \mu \cdot N_{41}$  – modulus of friction,  $\mu$  – coefficient of friction. The force  $\bar{S}_{51}$  is directed along the tangent to the friction circle of the kinematic pair 1–2 and passes through the friction circle of the kinematic pair 2–3 (see Fig. 1).



**Fig. 1. Interaction of the vertical link with the horizontal.**

As a result of the conducted researches it is established that at passing of a connecting link of a traction body of the scraper conveyor SP 250 on a sprocket tangential stresses which thus arise in its dangerous sections do not acquire critical values. When studying the problem of durability of the connecting link of the traction body of the scraper conveyor SP 250, the main attention should be paid to the load regime on the leading section of the chain. The stage of passing the sprocket, although it has its own specific load, but does not significantly affect the problem of durability of the connecting link of the traction body of the scraper conveyor SP 250.

The developed method of research of interaction of chain elements with the drive sprocket can also be used in other scraper conveyors: SP 251 (chain 24x86), SP 326 (chain 26x92), SP 330 (chain 30x108), which are also widely used in coal mining enterprises of Ukraine.

#### REFERENCES

1. Kovalchuk A. N., Leusenکو A. V., Ulyanovsky A. Z. Prospects of mine drag conveyors as the main means of transport of stopes. *Mining equipment: catalogue-reference book*, St. Petersburg, 2008.
2. Andrianova O. I. Forecasting the resource of traction chains of scraper conveyors. *Vestn. KhNADU: collection of scientific papers*. 2007. Issue 39. P. 3.
3. Mine scraper conveyors. Construction and perspectives. Design. Manufacturing. Exploitation: monograph, ed. A.Z. Ulyanovsk. Kharkiv: KHNADU, 2011. 568 p.
4. DSTU 3268-95. Mine scraper conveyors. Terms and definitions. State standard of Ukraine.
5. Leusenکو A. V., Vysotsky G. V., Repetenko M. V. Driving bodies of downhole scraper conveyors: review. Moscow: TsNIEIugol, 1991.
6. Leusenکو A. V., Repetenko M. V. Selection of the pre-tensioning of the chain of single-chain scraper conveyors. *News of higher educational institutions. Mining magazine*. 1991. № 20. P. 66–68.

**NANOCOMPOSITE MATERIALS APPLICATION FOR LIQUID HYDROCARBON STORAGE TANKS**

*O. Sierikova<sup>1</sup>, PhD,*

*V. Koloskov<sup>1</sup>, PhD, Associate Professor,*

*K. Degtyarev<sup>2</sup>,*

*O. Strelnikova<sup>2</sup>, Doctor of Sciences, Professor*

*<sup>1</sup>National University of Civil Defence of Ukraine,*

*<sup>2</sup>A.M. Pidhorny Institute for Mechanical Engineering Problems NAS of Ukraine*

The operational reliability improving and ensuring the strength of liquid hydrocarbon storage tanks under impulse, shock and seismic loads is crucial and one of the most important issues of scientific research in different countries. Existing tank materials are highly sensitive to impulse, shock and seismic loads. This leads to premature wear of the storage tank, its destruction, material damage, and also negatively affects on the environment. The reservoir fluid is flammable and highly toxic, so splashing, spilling and burning could lead to environmentally hazardous consequences and emergencies.

Tanks filled with environmentally hazardous substances, even in normal operation, belong to the sources of uncontrolled emissions of vapor-gas mixtures and spills of environmentally hazardous substances with the subsequent occurrence of fires and explosions. Reservoirs could be operated in hard-to-reach places under conditions of complex loads exposure, which often exceed the calculated values and are characterized by the most stringent conditions to preserve their integrity and prevent leakage of environmentally hazardous substances.

For environmentally hazardous facilities, it has been important to constantly monitoring their technical condition, monitoring the condition of the surrounding area, which they could affect, assess of natural and technogenic factors affecting these facilities, operational loads assess, prediction the changes in technical condition and prediction the impact of factors of various origin. It is also important to implement the proper materials with necessity mechanical properties for safe condition of tanks.

Therefore, the urgent issue has been to improve the methods for evaluating effective modules of materials with nanoinclusions of various shapes have been developed, which make it possible to perform calculations of hydrocarbon tanks made of materials with improved mechanical properties [1–3].

The aim of the paper is to treat the composite materials nanoinclusions of various forms to improve the mechanical properties of liquid hydrocarbon storage tank materials.

As the example, the liquid hydrocarbon tanks models made of composite materials have been treated. Data on the properties of matrix materials and nanoinclusions have been presented in the paper. Nanocomposites with aluminum matrix with steel spherical inclusions and with steel and carbon inclusions-fibers have been considered.

The treatment of composite materials nanoinclusions of various forms has been provided. Nanocomposites with aluminum matrix with steel spherical inclusions and with steel and carbon inclusions-fibers have been considered in the paper.

The calculation results have been shown the strengthening of the obtained composite materials while reducing the density. The mechanical properties improving of liquid hydrocarbon storage tank materials has been achieved through the nanoinclusions implementation. Nanocomposite materials facilitate the hydrocarbon tanks design, which is important for non-stationary tanks [4–6].

## REFERENCES

1. O. Sierikova, V. Koloskov, K. Degtyarev, O. Strelnikova. The Deformable and Strength Characteristics of Nanocomposites Improving. *Materials Science Forum*. Trans Tech Publications Ltd, Switzerland. 2021. Vol. 1038. P. 144–153. URL: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.1038.144>.
2. O. Sierikova, E. Strelnikova, V. Gnitko, K. Degtyarev. Boundary Calculation Models for Elastic Properties Clarification of Three-dimensional Nanocomposites Based on the Combination of Finite and Boundary Element Methods. *IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*, 2021. P. 351–356. DOI: 10.1109/KhPIWeek53812.2021.9570086.
3. O. Sierikova, E. Strelnikova, V. Gnitko, A. Tonkonozhenko, L. Pisnia Nanocomposites Implementation for Oil Storage Systems Electrostatic Protection. *Conf. Proc. of Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering – ICTM-2021. Synergetic Engineering Springer Nature Switzerland AG 2022 M. Nechyporuk et al. (Eds.): ICTM 2021, LNNS 367*. 2022. P. 573–585. URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-94259-5\\_49](https://doi.org/10.1007/978-3-030-94259-5_49).
4. N. Smetankina, A. Merkulova, D. Merkulov, O. Postnyi. Dynamic Response of Laminate Composite Shells with Complex Shape Under Low-Velocity Impact. In: Nechyporuk M., Pavlikov V., Kritskiy D. (eds) *Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering - 2020. ICTM 2020. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 188, Springer, Cham. 2021. URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-66717-7\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-030-66717-7_22).
5. E. Strelnikova, D. Kriutchenko, V. Gnitko, K. Degtyarev. Boundary element method in nonlinear sloshing analysis for shells of revolution under longitudinal excitations. *Engineering Analysis with Boundary Elements*. 2020. Vol. 111. P. 78–87. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enganabound.2019.10.008>.
6. V. Gnitko, K. Degtyariov, V. Naumenko, E. Strelnikova. BEM and FEM analysis of the fluid-structure Interaction in tanks with baffles. *Int. Journal of Computational Methods and Experimental Measurements*. 2017. Vol. 5(3). P. 317–328. DOI: 10.2495/CMEM-V5-N3-317-328/.

**DETERMINING THE SAFE THICKNESS AND THE MATERIAL OF THE PROTECTIVE WALL DURING AN ACCIDENTAL HYDROGEN EXPLOSION OF DIFFERENT POWER**

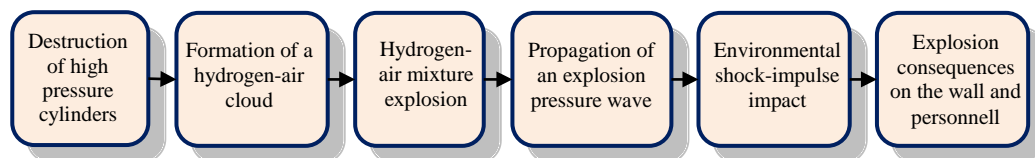
*Yu. Skob<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,*

*Yu. Dreval<sup>2</sup>, Doctor in Public Administration, Professor*

<sup>1</sup>*National Aerospace University Kharkov Aviation Institute of Ukraine,*

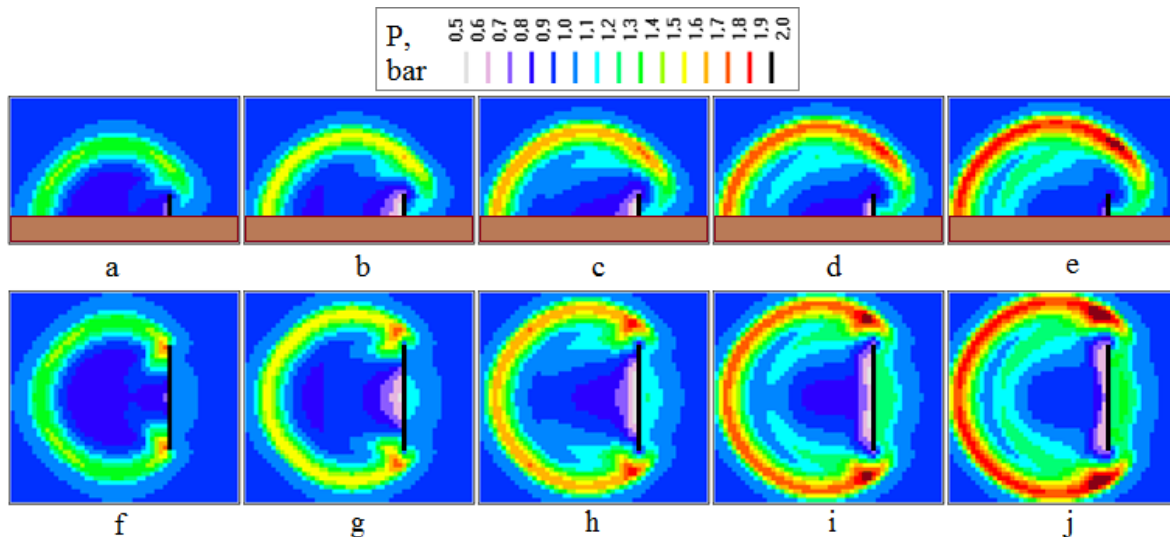
<sup>2</sup>*National University of Civil Defence of Ukraine*

The aim of this study is to assess numerically the consequences of an accidental hydrogen explosion at a fueling station (fig. 1) on service personnel protected by a solid wall of definite height and width. The power of the explosion depends on the number of destructed high-pressure dispensing cylinders. The installed wall can be made of different construction materials. The thickness of the wall has to be safe enough to keep the wall itself away from the destruction under the forces of the explosion pressure wave.



**Fig. 1. A scheme of an accident with different power explosion.**

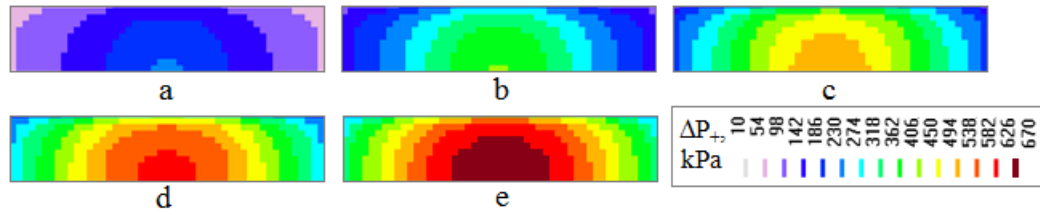
A three-dimensional time-dependent mathematical model of a hydrogen-air explosion [1] is used in order to extract the pressure fields (fig. 2). The options of the experiments V1-V5 differ with numbers 1-5 of failed cylinders. Automated probit analysis of defining the personnel damage probability field is used [2].



**Fig. 2. Pressure fields for explosion options V1-V5 since 0.0107 s.**

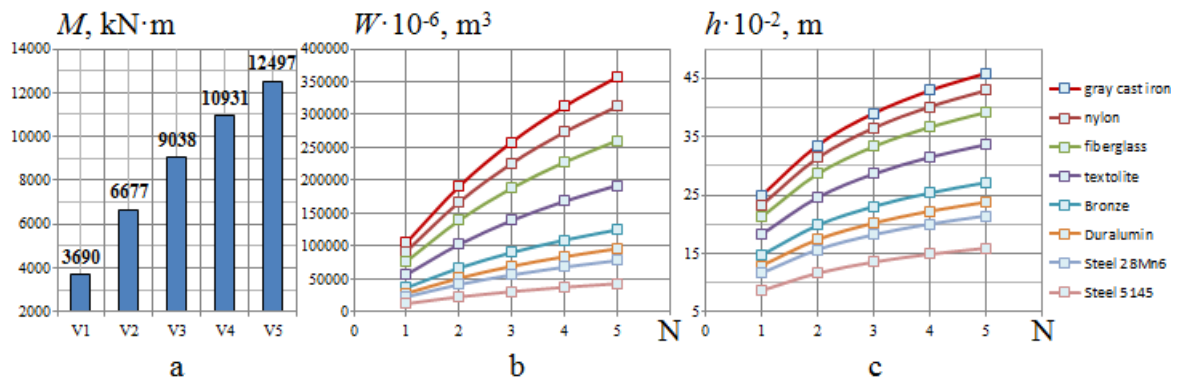
From an initial evaluation of the safety state at the refueling station without a protective wall, it is concluded that the consequences on the personnel caused by the explosions of all amounts of power are unacceptable. An installation of the protective solid wall 10.0 m wide and 2.2 m high at a distance of 5.0 m from the explosion epicenter significantly decreases the dangerous characteristics of shock-impulse load on the personnel and impact

probability to safe levels. To assess the wall resistance to the explosion gas forces, it is assumed that the wall maximum bending force is caused by the distribution of the maximum overpressure on its surface (fig. 3).



**Fig. 3. Wall maximum overpressure:** a, b, c, d, e – accident options V1-V5.

Using a technique from the work [3], the total torque force (fig. 4a), the moment of wall resistance to bending ( Fig. 4b), and the dependences of the minimum allowable wall thickness for different construction materials of its manufacture are obtained (fig. 4c).



**Fig. 4. Wall stress characteristics for different materials:** a – total bending momentum; b – the minimum required momentum resistance; c –safe wall thickness.

The suggested in the work developed computer technology allows to carry out an automated analysis of the safety state parameters at the hydrogen fueling station and to make a comparative analysis of the effectiveness and stress resistance of different types of protective facilities without their destruction in the accident hydrogen explosion conditions.

### REFERENCES

1. Yu. Skob, M. Ugryumov, E. Granovskiy, Numerical assessment of hydrogen explosion consequences in a mine tunnel. *Int. J. Hydrog. Energy*. 2021. 46. P. 12361–12371.
2. Yu. Skob, M. Ugryumov, E. Granovskiy, Numerical Evaluation of Probability of Harmful Impact Caused by Toxic Spill Emergencies. *J. Environ. Clim. Technol.* 2019. 23. P. 1–14.
3. Yu. Skob, M. Ugryumov, Yu. Dreval, S. Artemiev, Numerical Evaluation of Safety Wall Bending Strength during Hydrogen Explosion. *Materials Science Forum*. 2021. 1038. P. 430–436.

**ЕЛЕКТРОХІМІЧНЕ УТВОРЕННЯ КОАГУЛЯНТІВ НА ОСНОВІ АЛЮМІНІЮ  
ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ МОЛОЧНИХ СТІЧНИХ ВОД***Макаров Є.О.<sup>1</sup>,**Андронов В.А.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,**Данченко Ю.М.<sup>2</sup>, д.т.н., професор*<sup>1</sup>*Національний університет цивільного захисту України,*<sup>2</sup>*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Ефективність електрохімічного утворення та хімічна природа коагулянтів (гідроксидів металів, комплексних іонів) для електрокоагуляційного очищення стічних вод молокозаводів безпосередньо залежить від умов проведення процесу. Насамперед, від показника рН стічних вод, наявності і кількості забруднювачів, сили або щільності електричного струму, тривалості проведення експерименту [1–9]. Механізм утворення коагулянтів в середовищах з різним показником рН, є не до кінця вивченим, особливо, електрохімічного утворення коагулянтів на основі алюмінію. Тому дослідження хіміко-технологічних параметрів електрохімічного одержання коагулянтів на основі алюмінію для електрокоагуляційного очищення стічних вод молокопереробних підприємств є важливою науково-практичною задачею.

Для дослідження використовувались стічні води молокопереробного підприємства Сумської області [10–12]. Для проведення досліджень протягом двох робочих змін відбирались проби стічних вод з ділянки приймання молока, лабораторії, цеху сиру, апаратного відділення, цеху масла, цеху плавлених сирів та відділення реалізації. З урахуванням внеску у загальний стік кожної ділянки підприємства формувалась загальний стік з усередненим складом стічних вод. Електрокоагуляційна обробка стічних вод проводилась на лабораторній установці, яка включає електролізер з органічного скла розмірами 18 см×15 см×4 см. Об'єм стічної води, що оброблялась, складав близько 1 дм<sup>3</sup>. Площа алюмінієвих електродів складала близько 250 см<sup>2</sup>. В якості лужної добавки використовувався натрій гідроксид NaOH у вигляді 5 % водного розчину. Ефективність обробки досліджувалась за наступними показниками стічної води: хімічне споживання кисню (ХСК), водневий показник рН, прозорість, кількість етеророзчинних речовин (ЕРР), вміст ортофосфат-іонів PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> та іонів амонійного нітрогену NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Електрокоагуляція проводилась протягом 10 хвилин при щільності електричного струму 50 А/м<sup>2</sup>. Перед обробкою до стічної води додавалась лужна добавка, що дозволило варіювати показник рН від 4,0 до 8,7. Отримані результати представлені в табл. 1.

Як видно з представлених результатів, після електрокоагуляції стічної води без додавання лужної добавки ступінь очистки за ХСК та ЕРР дорівнює 90 та 98,3 % відповідно. Додавання перед обробкою лужної добавки до значень рН вихідної води 4,9–5,8 не впливає на ступінь очистки за ХСК і в незначній мірі збільшує (приблизно на 1 %) ступінь очистки за ЕРР. При цьому рН води після електрокоагуляції зростає. Отже, можна стверджувати, що при проведенні електрокоагуляції в кислому та слабо кислому (рН ≈ 4,0–5,8) середовищі у воді відбуваються електрохімічні процеси, в яких переважає процес окислення води на катоді з утворенням ОН-іонів, що призводить до незначного зростання рН середовища наприкінці електрокоагуляції. Очевидно, що в таких умовах утворення алюмінієвих комплексів не відбувається, що неодмінно призвело б до зменшення рН. Тому можна зробити висновок, що при електрокоагуляції кислих та слабо кислих стічних вод (4 < рН < 6) головним чином утворюються частинки молекулярної будови Al(OH)<sub>3</sub>, які здійснюють основну коагулюючу дію та забезпе-

чують певний ступінь очистки. При цьому більшою мірою реалізується адсорбційний механізм видалення забруднювачів.

**Табл. 1. Вплив показника рН на закономірності утворення коагулянтів та ефективність очистки стічних вод**

рН		ХСК, мгО/дм <sup>3</sup>	Кількість ЕРР, мг/дм <sup>3</sup>	Ступінь очистки, %	
до електрокоагуляції	після електрокоагуляції			за ХСК	за ЕРР
4,0	–	12000	1260	–	–
4,0	5,0	1200	22	90,0	98,3
4,9	5,6	1200	9	90,0	99,3
5,8	6,2	1200	7	90,0	99,4
6,7	7,2	1100	7	90,9	99,4
7,6	7,2	1100	5	90,9	99,6
8.7	7,2	1080	2	91,0	99,9

Якщо перед електрокоагуляцією додавати лужну добавку до утворення нейтрального та слабо лужного середовища, то після обробки спостерігається наступне. Ступінь очистки стічних вод дещо підвищується, як за ХСК (на 1%), так і за ЕРР (на 1,6%). При цьому показник рН води після обробки залишається нейтральним і не залежить від кількості доданої лужної добавки. Очевидно, що це пов'язано з додатковим підкисленням розчину внаслідок гідролізу мономерних  $[\text{Al}(\text{OH})]^{2+}$ ,  $[\text{Al}(\text{OH})_2]^+$  та полімерних  $[\text{Al}_2(\text{OH})_2]^{4+}$ ,  $[\text{Al}_2(\text{OH})_5]^+$ ,  $[\text{Al}_6(\text{OH})_{15}]^{3+}$ ,  $[\text{Al}_{13}(\text{OH})_{34}]^{5+}$  алюмінієвих комплексів, що утворюються в надлишку ОН-іонів. При проведенні електрокоагуляції в нейтральному та слабо лужному середовищі у воді відбуваються електрохімічні процеси, в яких утворення коагулянту у вигляді  $\text{Al}(\text{OH})_3$  вочевидь практично не відбувається. Отже, при електрокоагуляції нейтральних та слабо лужних стічних вод ( $9 > \text{pH} > 6$ ) в якості коагулюючих речовин виступають мономерні та полімерні алюмінієві комплекси, які є зарядженими частинками. Це і забезпечує більш високий ступінь очистки стічних вод. При цьому реалізується змішаний механізм видалення забруднювачів: наряду з адсорбційним можливий електростатичний механізм коагулюючої дії.

Результати експериментів дозволили припустити, що додавання лужної добавки може бути більш ефективним після процесу електрокоагуляції стічних вод. Для перевірки цієї гіпотези були проведені дослідження по електрокоагуляції стічних вод з різним терміном проведення процесу – 3, 5, 7 та 10 хвилин. Додавання лужної добавки до показника рН = 7,5 та рН = 9,0 здійснювалось після процесу електрокоагуляції. Оброблена вода з доданою лужною добавкою перемішувалась. Після фільтрування у фільтраті визначались прозорість, ХСК, ЕРР, кількість фосфат-іонів та кількість іонів амонійного нітрогену. Отримані результати представлені в табл. 2.

Виходячи з результатів експерименту можна зробити наступні висновки. Закономірності впливу рН та терміну електрокоагуляції на хімічний склад стічної води можна розділити на два періоди. Перший період обмежений терміном електрокоагуляції від 3 до 5 хвилин. Під час цього періоду ступінь очистки стічної води від будь-яких забруднювачів не залежить від рН. Другий період обмежується терміном електрокоагуляції від 5 до 10 хвилин. В цей період значення рН впливає на ступінь очистки: з підвищенням рН зростає ступінь очистки стічної води від забруднювачів. Отже, як видно з представлених даних, додавання лужної добавки після електрокоагуляції є більш ефективним та дозволить скоротити термін процесу обробки. При цьому ступінь очистки стічної води залишиться достатньо високим (98–99 %). Це забезпечить економію електроенергії та позитивно вплине на еколого-економічну оцінку тех-



нології. Також з отриманих результатів можна зробити висновок, що значення показника рН суттєво не впливає на закономірності утворення коагулянтів, механізм коагулюючої дії та ступінь очистки стічних вод.

**Табл. 2. Вплив рН та терміну електрокоагуляції на ступінь очистки стічної води**

Час електрокоагуляції, хвилин	рН	Ступінь очистки, %				
		за прозорістю	за ХСК	за ЕРР	за вмістом ортофосфат-іонів	за вмістом іонів амонію
3	7,5	83,2	73,1	97,5	97,2	14,3
5	7,5	94,4	77,1	98,3	98,4	17,5
7	7,5	94,9	78,0	98,6	98,6	37,7
10	7,5	95,2	78,6	98,8	99,0	35,0
5	9,0	94,5	77,1	98,3	98,4	17,5
7	9,0	95,1	78,6	98,6	98,6	39,0
10	9,0	95,2	78,8	98,8	99,1	39,0

Отже, були проведені дослідження хіміко-технологічних параметрів електрохімічного одержання коагулянтів на основі алюмінію для електрокоагуляційного очищення стічних вод молокопереробних підприємств. Встановлено, що ефективність електрохімічного утворення та хімічна природа коагулянтів (гідроксидів металів, комплексних іонів) для електрокоагуляційного очищення стічних вод молокозаводів безпосередньо залежить від умов проведення процесу: показника рН стічних вод, наявності різних забруднювачів, сили або щільності електричного струму, тривалості проведення електрокоагуляції. Вплив рН та термінів проведення процесу електрокоагуляції вивчено у двох випадках реалізації технологічного процесу: при додаванні лужної добавки до і після електрокоагуляційної обробки. У випадку реалізації першого випадку можна зробити наступні висновки. При електрокоагуляції кислих та слабо кислих стічних вод ( $4 < \text{pH} < 6$ ) головним чином утворюються частинки молекулярної будови  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , які здійснюють основну коагулюючу дію та забезпечують достатньо високий ступінь очистки. При цьому більшою мірою реалізується адсорбційний механізм видалення забруднювачів. При електрокоагуляції нейтральних та слабо лужних стічних вод ( $9 > \text{pH} > 6$ ) в якості коагулюючих речовин виступають мономерні та полімерні алюмінієві комплекси, які є зарядженими частинками. Це забезпечує більш високий ступінь очистки стічних вод. При цьому реалізується змішаний механізм видалення забруднювачів: наряду з адсорбційним можливий електростатичний. Встановлено, що додавання лужної добавки після електрокоагуляції є більш ефективним та дозволить скоротити терміни процесу обробки. При цьому ступінь очистки стічної води залишається достатньо високим (98–99 %). Це забезпечить економію електроенергії та позитивно вплине на еколого-економічну оцінку технології. При цьому встановлено, що значення показника рН суттєво не впливає на закономірності утворення коагулянтів, механізм коагулюючої дії та ступінь очистки стічних вод.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Gerson de Freitas Silva Valente, Regina Celia Santos Mendonca, Jose Antonio Marques Pereira. The efficiency of electrocoagulation using aluminum electrodes in treating wastewater from a dairy industry. *Ciencia Rural. Santa Maria*. 2015. 45(9). P. 1713–1719.
2. Chezeau B., Boudriche L., Vial C. and Boudjemaa A. Treatment of dairy wastewater by electrocoagulation process: Advantages of combined iron/aluminum electrodes (published online 15.07.2019), *Separation Science and Technology*. 2019.
3. Shariff Ibrahim, Nur Syuhaidah Mohd Aris, Borhannuddin Ariffin, Yahaya Hawari and Megat Ahmad Kamal Megat Hanafiah. Application of electrocoagulation process for decolourisation of palm oil mill effluent (POME). *Nature Environment and Pollution Technology*. 2018. 17(4). P. 1267–1271.
4. Izadi A., Hosseini M., Darzi G.N., Bidhendi G.N., Shariati F.P. Treatment of paper-recycling wastewater by electrocoagulation using aluminum and iron electrodes. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*. 2018. 16. P. 257–264.
5. Aoudj S., Khelifa A., Drouiche N., Hecini M., Hamitouche H. Electrocoagulation process applied of wastewater containing dyes from textile industry. *Chem. Eng. Process Intensif.* 2010. 49(11). P. 1176–1182.
6. Bayramoglu M., Kobyas M., Can O.T., Sozbir M. Operating cost analysis of electrocoagulation of textile dye wastewater. *Separation and Purification Technol.* 2004. 37(2). P. 117–125.
7. Holt P.K., Barton G.W., Wark M., Mitchell C.A. A quantitative comparison between chemical dosing and electrocoagulation. *Colloids and Surfaces A. Physicochemical and Eng. Asp.* 2002. 211(2–3). P. 233–248.
8. Vladimir Andronov, Yevhen Makarov, Yuliya Danchenko, Tatyana Obizhenko. Colloid-chemical regularities of reagent wastewater treatment of dairies. *Materials Science Forum*. 1038 (2021). P. 235–241.
9. Андронов В.А., Данченко Ю.М., Макаров Є.О. Обґрунтування використання електрoхімічних методів для попередньої очистки стічних вод молокопереробних підприємств. *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: збірник наукових статей XV Міжнародної науково-практичної конференції*. Харків: УКРНДІЕП. ПП «Стиль-Іздат», 2019. С. 9–13.
10. V.A. Andronov, Yu.M. Danchenko, Ye.O. Makarov, T.M. Obizhenko. Research of the regularities of forming and chemical composition of sewage water of a dairy processing company. *Technogenic and ecological safety*. 7 (1/2020). P. 13–21.
11. Макаров Є.О. Екологічна безпека висококонцентрованих стічних вод молокопереробних підприємств. *Сталий розвиток – стан та перспективи: Матеріали II Міжнародного симпозіуму SDEV'2020*. Львів, 2020. С. 235–236.
12. Андронов В.А., Макаров Є.О., Данченко Ю.М., Обіженко Т.М. Колоїдно-хімічні аспекти реагентної очистки стічних вод молокозаводів. *Problems of Emergency Situations: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*. Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2021. С. 236–237.

**ОСОБЛИВОСТІ ЗДІЙСНЕННЯ ДЕРЖАВНОГО НАГЛЯДУ (КОНТРОЛЮ) ЗА НАДАННЯМ ПОСЛУГ ТА ВИКОНАННЯМ РОБІТ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

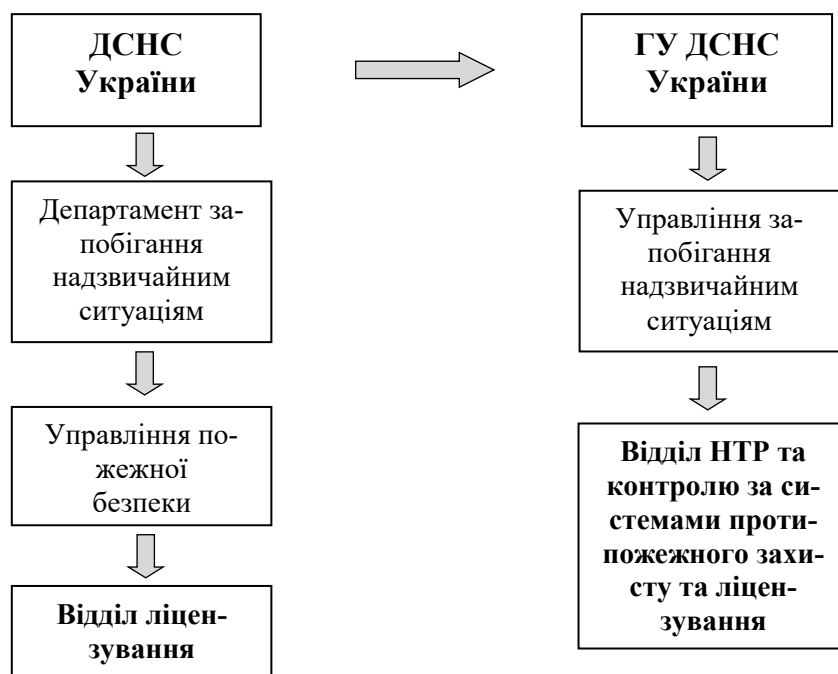
*Пирогов О.В., к.т.н., доцент,  
Миргород О.В., к.т.н., с.н.с., доцент  
Національний університет цивільного захисту України*

Контроль за додержанням ліцензіатами ліцензійних умов здійснюють у межах своїх повноважень органи ліцензування шляхом проведення планових і позапланових перевірок відповідно до [1] та з урахуванням особливостей, що зазначені у [2].

Перед початком здійснення планової перевірки необхідно переконатися, що ліцензіат (суб'єкт господарювання) включений до Річного плану здійснення заходів державного нагляду (контролю) ДСНС та Плану здійснення комплексних заходів державного нагляду (контролю) на відповідний рік.

Також обов'язково необхідно встановити дату проведення останньої планової перевірки суб'єкта господарювання органами ДСНС в межах України з метою дотримання періодичності здійснення заходів державного нагляду (контролю) у відповідності до ступеня ризику об'єкта. Дану інформацію можна перевірити на сайті «Інспекційного порталу» <https://inspections.gov.ua/> вказавши назву компанії або код ЄДРПОУ (ідентифікаційний код).

Для проведення перевірки органом ліцензування створюється комісія, до складу якої можуть входити виключно працівники такого органу та працівники його територіальних органів.



**Рис. 1. Органи ліцензування та їх територіальні підрозділи в областях.**

Перевірка додержання ліцензіатом ліцензійних умов проводиться органом ліцензування залежно від предмета перевірки:

- 1) за місцезнаходженням ліцензіата;

2) за місцями провадження ліцензіатом виду господарської діяльності, що підлягає ліцензуванню.

Також [2] визначений вичерпний перелік підстав на проведення позапланової перевірки ліцензіата, а деякі з них можуть здійснюватись лише за наявності погодження із спеціально уповноваженим органом з питань ліцензування, що надається на підставі рішення Експертно-апеляційної ради з питань ліцензування за зверненням органу ліцензування.

Також слід зазначити, що анонімні звернення не є підставою для проведення позапланових перевірок.

Акт перевірки додержання ліцензіатом ліцензійних умов складається в останній день проведення перевірки.

В акті відображаються питання, що перевірялися, та встановлений стан додержання ліцензіатом ліцензійних умов.

У разі встановлення під час перевірки додержання ліцензіатом ліцензійних умов підстав для складання актів, що є підставами для анулювання ліцензії, такі акти складаються як окремі документи в останній день проведення перевірки.

Розпорядження про усунення порушень ліцензійних умов видається органом ліцензування протягом п'яти робочих днів з останнього дня проведення перевірки у разі виявлення за результатами її проведення порушень ліцензіатом ліцензійних умов.

У разі складення за результатом проведення перевірки акта, що є підставою для зупинення дії ліцензії повністю або частково, розпорядження про усунення порушень ліцензійних умов не видається.

Ліцензіат, який одержав розпорядження про усунення порушень ліцензійних умов, зобов'язаний в установленій у розпорядженні строк усунути зазначені порушення та подати до органу ліцензування інформацію про виконання вимог такого розпорядження.

Перелік, форма та види уніфікованих форм актів, що складаються за результатами проведення планових або позапланових заходів державного нагляду (контролю) щодо додержання ліцензіатами вимог «Ліцензійних умов провадження господарської діяльності...» зазначені у [4].

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності» від 05.04.2007 року № 877-V.
2. Закон України «Про ліцензування видів господарської діяльності» від 02.03.2015 року № 222-VIII.
3. Постанова Кабінету міністрів України від 23.11.2016 року № 852 «Деякі питання ліцензування господарської діяльності з надання послуг і виконання робіт протипожежного призначення».
4. Наказ МВС України від 12.12.2018 року № 1007 «Про затвердження уніфікованої форми акта, що складається за результатами проведення планового (позапланового) заходу державного нагляду (контролю) за додержанням ліцензіатом вимог законодавства у сфері провадження господарської діяльності з надання послуг і виконання робіт протипожежного призначення за переліком, що визначається Кабінетом Міністрів України, та інших форм розпорядчих документів».

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОСОЧЕННЯ РІДИНИ В СИПУЧИЙ МАТЕРІАЛ

*Абрамов Ю.О., д.т.н., професор,*

*Басманов О.Є., д.т.н., професор,*

*Олійник В.В., к.т.н., доцент*

*Національний університет цивільного захисту України*

Значна кількість надзвичайних ситуацій, що виникають в хімічній, переробній промисловості і на транспорті, починаються з аварійного розливу горючих або інших небезпечних рідин. Інфільтрація рідини в ґрунт призводить до забруднення водних ресурсів: як підземних вод, так і річкових. Але найбільшу небезпеку являє займання розливу горючої рідини. Це загрожує не лише розповсюдженням пожежі на сусідні технологічні об'єкти і природні ландшафти, а й призводить до викиду забруднюючих речовин в атмосферу. Розповсюджуючись на великі відстані, вони істотно впливають на стан повітря і створюють ризики для населення.

В роботі [1] проаналізовано ризики, що виникають при транспортуванні залізницею небезпечних вантажів. Не зважаючи на існуючі нормативні документи, що регламентують правила пожежної безпеки при перевезенні небезпечних вантажів, аварії з їх участю все одно трапляються. Це підтверджується надзвичайними ситуаціями, пов'язаними з розливом або горінням горючих рідин, які виникали на залізничному транспорті в Україні і світі в останні роки.

Розробка планів локалізації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з розливом горючих рідин, потребує визначення геометричних параметрів розливу та динаміки їх зміни в залежності від властивостей рідини і ґрунту. Просочення рідини в ґрунт зменшує товщину шару на його поверхні, а значить і площу розтікання. З іншого боку це призводить до забруднення ґрунтів і потрапляння забруднюючої рідини в підземні води. Отже однією з проблем при розтіканні рідини по поверхні ґрунту є її просочення в глибину.

Одним з поширених методів моделювання розтікання рідини по горизонтальній поверхні є використання принципу гравітаційного розтікання циліндричного шару рідини [2]. Аналізу моделей розтікання рідини на твердій поверхні присвячено роботу [3]. В ній на підставі порівняння розрахунків за моделлю [4] і експериментальних даних запропоновано модифікацію моделі. Недоліком такого підходу є те, що запропонована корекція залежить від умов, в яких були проведені експериментальні дослідження.

Аналіз моделей розтікання горючих рідин, засвідчив, що вони не враховують просочення рідини в підстилаючу поверхню. Це, в свою чергу, призводить до похибок в оцінці розмірів розливу, та динаміки його утворення.

Метою роботи є розробка експериментальної методу для оцінки параметрів просочення рідини в сипучий матеріал.

Просочення рідини в сипучий матеріал, зокрема, ґрунт, описується моделлю Грін-Ампт (Green-Ampt) [5]. В моделі розглядається межа між сухим і вже змоченим ґрунтом. Просочення рідини вглиб ґрунту призводить до руху цієї межі вниз. Швидкість просочення є швидкістю руху межі.

Перспективи подальших досліджень пов'язані із врахуванням отриманих залежностей в моделі розтікання рідини на ґрунті та моделі горіння розливу горючої рідини [6]. Врахування просочення рідини в ґрунт при її розтіканні і горінні дозволяє уточнити тепловий вплив пожежі на сталеві і бетонні конструкції [7].

На основі моделі Грін-Ампт запропоновано метод визначення параметрів просочення рідини в сипучий матеріал. Шляхом розв'язання системи диференціальних рівнянь, одне з яких описує зменшення товщини шару рідини на поверхні, а друге – динаміку просочення в глибину, отримано залежність між часом і глибиною просочення. Розвинення логарифмічної функції в ряд дозволяє замінити отриману ірраціональну залежність на апроксимуючий поліном. Для оцінки коефіцієнтів полінома використовується метод найменших квадратів, який в даному випадку призводить до задачі мінімізації, яка має єдиний розв'язок.

Залежність часу просочення сирої нафти в пісок від глибини просочення апроксимована поліномом, що містить доданки другої і третьої степенів відносно глибини просочення  $z$ . Відносна похибка такої апроксимації після першої хвилини розливу не перевищує 10 %.

Аналіз просочення сирої нафти в пісок свідчить, що глибина просочення і товщина шару рідини на поверхні піску пов'язані лінійно. Це дозволяє оцінити значення статичного параметру просочення – коефіцієнту пористості. Його значення в експерименті склало 0,314.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Huang W., Shuai B., Zuo B., Xu Y., Antwi E. A systematic railway dangerous goods transportation system risk analysis approach: The 24 model. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2019. 61. P. 94–103. DOI: 10.1016/j.jlp.2019.05.021.
2. Abramov Yu., Basmanov O., Krivtsova V., Salamov J. Modeling of spilling and extinguishing of burning fuel on horizontal surface. *Naukovyi Visnyk NHU*. 2019. 4. P. 86–90. DOI: 10.29202/nvngu/2019-4/16.
3. Raja S., Abbasi T., Tauseef S.M., Abbasi S.A. Equilibrium models for predicting areas covered by accidentally spilled liquid fuels and an assessment of their efficacy. *Process Safety and Environmental Protection*. 2019. 130. P. 153–162. DOI: 10.1016/j.psep.2019.08.009.
4. Meel A., Khajehnajafi S. A comparative analysis of two approaches for pool evaporation modeling: Shrinking versus nonshrinking pool area *Process Safety Progress*. 2012. 34. P. 304–314. DOI: 10.1002/prs.11502.
5. T.K. Tokunaga. Simplified Green-Ampt Model, Imbibition-Based Estimates of Permeability, and Implications for Leak-off in Hydraulic Fracturing. *Water Resources Research*. 2020. DOI: 10.1029/2019WR026919.
6. Abramov Y.A., Basmanov O.E., Mikhayluk A.A., Salamov J. Model of thermal effect of fire within a dike on the oil tank. *Naukovyi Visnyk NHU*. 2018. 2. P. 95–100. DOI: 10.29202/nvngu/2018-2/12.
7. Otrosh Yu., Semkiv O., Rybka E., Kovalov A. About need of calculations for the steel framework building in temperature influences conditions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. 708. 1.

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ЛІКВІДАЦІЇ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗАХИСНОГО ПРИСТРОЮ КУПОЛОПОДІБНОЇ ФОРМИ З НАВАНТАЖЕННЯМ

*Льовін Д.А., ад'юнкт,*

*Шевчук О.Р., к.н. з держ.упр.,*

*Стрілець В.М., д.т.н., професор*

*Національний університет цивільного захисту України*

В доповіді наведено результати обґрунтування пропозицій піротехнічним підрозділам за результатами експериментальних вибухових досліджень захисного пристрою куполоподібної форми (виготовлено із сталі Ст20, діаметр 90 см, маса 130 кг) з навантаженням.

Показано, що на теперішній час в області вибухозахисної техніки використовується широкий спектр пристроїв, призначених для транспортування, знешкодження та знищення вибухонебезпечних предметів. Найбільш часто це контейнери і вибухові камери, які виготовляються з високоміцних матеріалів і призначені для локалізації осколково-фугасної дії продуктів вибуху при можливому спрацьовуванні вибухонебезпечних предметів певної потужності і маси. Загальними недоліками відомих пристроїв є складність їх конструкцій і висока матеріаломісткість для забезпечення необхідного запасу міцності. Ці обставини визначають високу вартість їх виготовлення і експлуатації, а також велику вагу, яка ускладнює можливість їх мобільного використання, а саме це є нагальною проблемою не тільки в нашій країні, але й в інших країнах світу. Виходячи з цього запатентовано захисний пристрій куполоподібної форми [1], у відповідності до роботи якого в [2] наведено математичну модель його циклічних навантажень у разі попередження надзвичайних ситуацій. Достовірність цієї моделі з надійністю 0,95 показали [3] результати експериментального дослідження висоти підльоту захисного пристрою без додаткового навантаження під час ліквідації вибухонебезпечних предметів. Проте, в ході цих випробувань макет захисного пристрою масою 130 кг під час локалізації вибуху вибухонебезпечного предмету з тротилівим еквівалентом 70 г підлетів на висоту 3,66 м. Тобто, його використання без додаткового навантаження несе небезпеку для навколишнього середовища, особливо у випадку його використання всередині приміщень, та особового складу піротехнічної групи, який може бути ураженим осколками вибухонебезпечного предмету, наприклад у випадку використання ручних гранат.

Все це підтверджує вірність вихідних положень, у відповідності до яких в [4] було розроблено математичну модель попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, в основі якої лежить застосування захисного пристрою із додатковим навантаженням на корпус. Тобто, перевірка достовірності зазначеної математичної моделі та визначених на її основі особливостей, які повинні стати основою оперативно-тактичних рекомендацій особовому складу піротехнічного підрозділу, ліквідації малогабаритних вибухонебезпечних предметів за допомогою захисного пристрою куполоподібної форми з навантаженням є актуальною науково-практичною задачею.

Наведено результати експериментальних досліджень збиткового тиску всередині захисного пристрою з додатковим навантаженням в результаті вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету із навантаженням. Відмічено, що вони входять в довірчий інтервал, розрахований з надійністю 0,95. Тобто отримані результати вогневих вибухових експериментів підтвердили достовірність математичної моделі [4].



Це дозволило конкретизувати особливості ліквідації малогабаритних вибухонебезпечних предметів (від 30 до 120 г тротилового еквіваленту), які необхідно враховувати особовому складу піротехнічних підрозділів в оперативній діяльності:

– захисний пристрій куполоподібної форми, який виготовлено із сталі Ст 20 та має діаметр 90 см і масу 130 кг, у разі використання для локальної ліквідації малогабаритного вибухонебезпечного предмету повинен мати додаткове навантаження на корпус;

– для визначення додаткового навантаження в залежності від маси малогабаритного вибухонебезпечного предмету можна користуватись як результатами розрахунку у відповідності до математичної моделі [4] попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, в основі якої лежить застосування захисного пристрою із додатковим навантаженням;

– захисний пристрій куполоподібної форми з навантаженням для попередження випадкового вильоту уламків вибухонебезпечного предмету в результаті його підриву необхідно використовувати із застосуванням пасивного обвалування, у якості якого можна використовувати мішки з піском;

– в піротехнічному підрозділі разом із захисним пристроєм куполоподібної форми для попередження надзвичайної ситуації, пов'язаної з загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, необхідно вивозити двадцять п'ять п'ятидесятикілограмові мішки з піском (сімнадцять для локалізації малогабаритного вибухонебезпечного предмету масою до 120 г тротилового еквіваленту включно та вісім для утворення захисного пасивного обвалування).

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Патент на винахід № 120327 Україна, МПК F42D 5/04 (2006.01), F42D 5/045 (2006.01). Заявник та патентовласник Харківський Національний університет цивільного захисту України. – заявка № а 2018 06121; заявл. 01.06.2018; опубл. 11.11.2019, Бюл. № 21.

2. Шевченко Р.І., Стрілець В.В. Математична модель циклічних навантажень захисного пристрою для попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з імпульсним характером викидання небезпечних хімічних речовин. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. Харків, 2019. Вип. 30 (2). С.138–146.

3. A. Samberg, Y. Stetsiuk, M.M. Divizinyuk, V. Kovalchuk, I. Soloviov, V. Matukhno, O. Maslyukivska, Yu. Honcharenko. A proof-of-concept of smart lightweight cone for explosive ordnance mitigation in nonpermissive operating environment. *Proc. SPIE 11542, Counterterrorism, Crime Fighting, Forensics, and Surveillance Technologies IV, 115420F* (20 September 2020). DOI: 10.1117/12.2574809.

4. Stetsiuk Y. Development of mathematical model of localization of an explosion of a small subject with the help of a specialized protective device. *Technology audit and production reserves*. 2019. № 3/2(47). P. 26–30. DOI: 10.15587/2312-8372.2019.173640.

## ЗМІСТ

## СЕКЦІЯ 1. ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ

<i>Андронов В.А., Толкунов І.О., Попов І.І.</i> Комплексне знищення боєприпасів комбінованим підривом .....	4
<i>Балло Я.В., Сізіков О.О., Ніжник В.В., Жихарєв О.П.</i> Критерії оцінювання впливу висхідного теплового потоку на поширення пожежі по фасадним системам .....	6
<i>Барабаш М.С.</i> Питання опору прогресуючому руйнуванню несучих систем у ПК ЛПРА-САПР .....	8
<i>Безушко Д.І., Дорофєєв В.С., Єгунов К.В., Мурашко О.В.</i> Методика врахування сейсмічних впливів при проектуванні причалів типу тонка стінка для запобігання виникненню руйнувань .....	10
<i>Вавренюк С.А.</i> Нейтралізація вибухонебезпечних предметів без детонації акустичними коливаннями змінної направленості .....	12
<i>Гаєвський В.Р., Филипчук В.Л.</i> Вплив забруднення теплообмінних поверхонь конденсаторів турбін на виникнення надзвичайних ситуацій .....	14
<i>Поздєєв С.В., Субота А.В., Змага М.І., Змага Я.В.</i> Метод прогнозування несучої здатності в умовах пожежі дерев'яних балок прямокутного перерізу .....	16
<i>Івакіна М.Г., Рашкевич Н.В.</i> Інженерно-технічне рішення по забезпеченню пожежної безпеки спиртозаводу .....	18
<i>Кириченко Є.П., Дядюшенко О.О., Кириченко О.В., Діброва О.С.</i> Дослідження закономірностей впливу технологічних чинників та зовнішніх умов на температуру та вміст конденсованих продуктів згорання піротехнічних оксидовмісних сумішей .....	20
<i>Клименко Є.В., Карпюк І.А., Карпюк В.М., Карп'юк Ф.Р., Постернак О.О.</i> Активний тиск та пасивний опір ґрунту засипки підпірних споруд у загальному випадку її напруженого стану .....	22
<i>Ковальов А.І., Сур'янінов М.Г., Отрош Ю.А., Тараненко І.С., Краєвський В.В.</i> Моделювання теплового стану вогнезахищеного залізобетонного перекриття ...	24
<i>Крушельницький Д.А., Рашкевич Н.В., Ivanov V.</i> Значення системи збору та управління фільтратом .....	26
<i>Кулаков О.В.</i> Оцінка розміру газоповітряної вибухонебезпечної зони навколо зовнішньої установки .....	28
<i>Медвідь І.І., Мурашко О.В.</i> Порівняльний аналіз повзучості конструкційних сплавів при глибокому охолодженні .....	30
<i>Михайлюк О.П., Роянов О.М., Михайлюк А.О.</i> Дослідження пожежовибухонебезпеки водневих електролізних установок .....	32
<i>Некора В.С., Сідней С.О., Некора О.В., Шналь Т.М.</i> Поведінка сталезалізобетонної плити при пожежі .....	34
<i>Несенюк Л.П., Луценко Ю.В., Одинець А.В.</i> Стан із надзвичайними ситуаціями та наслідками від них в Україні за 2021 рік .....	36
<i>Пастухова А.О., Рашкевич Н.В., Марценюк В.П.</i> Забезпечення безпеки під час експлуатації системи збору біогазу. Постановка задач дослідження .....	38
<i>Перегін А.В., Нуянзін О.М., Борисова А.С., Нуянзін В.М.</i> Результати експериментальних досліджень елементів залізобетонної стіни за стандартним температурним режимом пожежі .....	40
<i>Рашкевич Н.В.</i> Питання безпечного освоєння територій закритих об'єктів захоронення побутових відходів .....	42

<b>Товарянський В.І.</b> Дослідження процесів тепловиділення за умов пожежі молодих соснових насаджень .....	44
<b>Фещук Ю.Л., Голікова С.Ю., Циганков А.О., Некора В.С.</b> Обґрунтування протипожежного захисту систем зарядки для електромобілів .....	46
<b>Хроменков Д.Г., Кравченко Р.І., Гулик Ю.Б.</b> Дослідження щодо методів визначення температури спалаху рідин у закритому тиглі .....	48
<b>Цвіркун С.В., Удовенко М.Ю., Костенко Т.В., Мельник В.П., Березовський А.І.</b> Особливості евакуації відвідувачів торгово-розважальних центрів .....	50
<b>Rudakov S., Saimbetova Z.</b> Results of experimental investigations of the resistance of specimens from sheet steel to impact lightning current .....	52

## СЕКЦІЯ 2. НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

<b>Гудович О.Д., Юрченко В.О.</b> Проблеми формування компетенцій фахівців у сфері управління цивільним захистом .....	54
<b>Дейнеко Н.В., Дівізійюк М.М., Пономаренко Р.В., Шевченко О.В.</b> Дослідження наноструктур оксиду цинку, отриманих золь-гель методом для використання в газових сенсорах .....	57
<b>Дорофєєв В.С., Мироненко І.М., Пушкар Н.В.</b> Вплив складу бетону на формування технологічної пошкодженості і фізико-механічні властивості .....	59
<b>Єлісєєв В.Н., Миргород О.В., Пирогов О.В.</b> Деякі питання управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій .....	61
<b>Іванець Г.В., Іванець М.Г.</b> Системний підхід щодо оптимізації регіональних територіальних структур цивільного захисту України .....	63
<b>Лобачов А.М., Раїшевич Н.В.</b> Законодавча довідка щодо запобігання пожеж, пов'язаних з горінням опалого листя і сухої трави .....	65
<b>Ляшевська О.І.</b> Теоретичні основи ризик-орієнтованого підходу .....	67
<b>Ляшевська О.І., Яценко О.А.</b> Основні етапи оцінки ризику .....	69
<b>Майборода Р.І., Отрош Ю.А., Ромін А.В.</b> Проблемні питання захисту цивільного населення від небезпечних чинників артилерійського та ракетного вогню під час воєнних (бойових) дій .....	71
<b>Майборода Р.І., Отрош Ю.А., Щолоков Е.Е.</b> Проблемні питання у прийнятті рішення адміністративними судами щодо застосування заходів реагування у вигляді повного або часткового зупинення роботи підприємства у разі наявності порушень вимог законодавства у сфері техногенної та пожежної безпеки, що створює загрозу життю та здоров'ю людей .....	73
<b>Мальований М.С., Чорномаз Н.Ю., I. Bordun, Тимчук І.С., Захарко Я.М.</b> Інтегрований процес адсорбції іонів амонію природними дисперсними сорбентами .....	76
<b>Михайловська Ю.В., Nestorenko O.</b> Питання підтримки прийняття управлінських рішень .....	78
<b>Морозова Д.М., Отрош Ю.А., Рибка Є.О., Тригуб В.В.</b> Розбір функціональних характеристик програми Pathfinder .....	80
<b>Раїшевич О.С., Раїшевич Н.В.</b> Основні завдання з розробки перспективного методу контролю атмосферного повітря в зоні надзвичайної ситуації .....	82
<b>Усачов Д.В., Nestorenko D.</b> Технологічний розвиток міст, як елемент системи підтримки прийняття управлінських антикризових рішень .....	84

<b>Хмиров І.М.</b> Особливості правового регулювання відшкодування шкоди, завданої Державною службою України з надзвичайних ситуацій при гасінні пожеж .....	86
<b>Hubanova A., Rashkevich N.</b> Functional application of monitoring and organization of management in the state emergency service of Ukraine .....	88

### СЕКЦІЯ 3. РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ ТА ЛІКВІДАЦІЯ ЇХ НАСЛІДКІВ

<b>Гурник А.В., Литовченко А.О.</b> Вплив проблемних ситуацій на потенціал виявлення об'єктів, що зазнали лиха .....	90
<b>Дмитренко Є.А., Костира Н.О., Яковенко І.А., Томашевський А.В.</b> Реалізація інструментарію ПК «ЛІРА-САПР» щодо розрахунку посилення залізобетонних згинальних конструкцій .....	92
<b>Дубінін Д.П.</b> Обґрунтування дисперсності тонкорозпиленої води для гасіння пожеж .....	94
<b>Луц В. І.</b> Тактична вентиляція на пожежі .....	96
<b>Льовін Д.А., Стрілець В.В.</b> Розробка концептуальної моделі функціонування системи «рятувальник – засоби захисту та забезпечення аварійно-рятувальних робіт – надзвичайна ситуація» .....	98
<b>Матухно В.В.</b> Ефективність використання безпілотних літальних апаратів для пошуку потерпілих .....	100
<b>Маладика І.Г., Биченко А.О., Стась С.В., Пустовіт М.О., Джулай О.М.</b> Системи відеозв'язку БПЛА при проведенні розвідки надзвичайних ситуацій .	102
<b>Нуянзін В.М., Ведула С.А., Джемула Є.М., Андришук О.В.</b> Аналіз перспектив підвищення ефективності піноутворювачів загального призначення для гасіння пожеж .....	104
<b>Остапов К.М.</b> Проблеми вдосконалення протипожежного захисту на станціях метрополітену .....	106
<b>Петухова О.А., Горносталь С.А.</b> Визначення впливу типу рукавів на доцільність використання пожежних кран-комплектів .....	108
<b>Соловійов І.І., Стрілець В.М.</b> Багатофакторна модель підводного розмінування (на прикладі підриву вибухонебезпечного предмету) .....	110
<b>Толкунов І.О., Попов І.І., Янушкевич Д.А.</b> Застосування сучасних роботизованих систем і комплексів у гуманітарному розмінуванні .....	112
<b>Федоряка О.І., Кустов М.В.</b> Особливості структури геоінформаційної системи управління пожежними підрозділами різної функціональної спроможності .....	114
<b>Шевчук О.Р.</b> Перспективи розвитку роботизованої техніки українським виробниками для проведення розвідки місцевості .....	116

### СЕКЦІЯ 4. ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЯ, РАДІАЦІЙНИЙ ТА ХІМІЧНИЙ ЗАХИСТ

<b>Близнюк О.В., Васильченко О.В., Данілін О.М., Дармофал Е.А., Wengego G.</b> Вплив природи пігментів та барвників на фарбуючі властивості полімерних суперконцентратів .....	118
<b>Вовк Н.П.</b> Компаративний аналіз та прогнозування вогнестійкості металевих конструкцій залежно від методів та засобів вогнезахисту .....	120

<b>Волков О.О., Краєвська Ж.В., Васильченко О.В., Ганніченко Т.А., Михайлова Л.С.</b> Додаткове зміцнення ювелірного інструменту типу «шабер» з використанням тертя .....	122
<b>Гапон Ю.К., Кустов М.В., Чиркіна М.А., Романова О.О.</b> Малі модульні реактори як альтернатива використання ВВЕР на атомних станціях України	124
<b>Гапон Ю.К., Трегубов Д.Г., Слепуженіков Є.Д., Липовий В.О.</b> Керування кластерною будовою металевих покриттів шляхом електрохімічного співосадження металів .....	126
<b>Кодрик А.І., Тітенко О.М., Борисов А.В., Жартовський С.В., Мороз О.М.</b> Теоретичні передумови створення вогнегасного розчину на основі водопоглинаючого полімеру Esoflocf-07 для гасіння пожеж в екосистемах .....	128
<b>Коровникова Н.І., Олійник В.В.</b> Каталітична активність волокнистих комплекситів в реакціях розкладання та окислення сполук .....	130
<b>Кустов М.В., Мельниченко А.С.</b> Вплив сорбції газів на їх розповсюдження в атмосфері .....	132
<b>Ліхнівський Р.В., Цапко Ю.В., Цапко О.В., Коваленко В.В., Онищук А.Є.</b> Застосування інтумісцентного покриття для підвищення вогнестійкості кабельної продукції .....	134
<b>Мальований М.С., Сакалова Г.В., Блажко А.В., Безносюк Н.С., Bordin I.</b> Дослідження структурних особливостей відпрацьованих бентонітових глин ...	136
<b>Пастернак В.В.</b> Комп'ютерно-імітаційне моделювання опуклими багатогранниками та круглими сферами .....	138
<b>Пастернак В.В., Рубан А.В.</b> Дослідження структурно-неоднорідних матеріалів методами комп'ютерного матеріалознавства .....	140
<b>Пастернак В.В., Самчук Л.М., Медведчук Н.К., Рубан А.В.</b> Теоретичні та експериментальні дослідження елементів конструкцій з втручанням CAD/CAM/CAE технологій .....	142
<b>Пінчук Н.В., Терлецький О.С.</b> Вплив тиску та потенціалів зміщення на структуру та властивості нітридних покриттів TiN .....	144
<b>Ромашко В.М., Ромашко-Майструк О.В.</b> Універсальна діаграма дійсного стану бетону в залізобетонних елементах та конструкціях .....	146
<b>Савова О.В., Покроєва Я.О., Воронов Г.К., Христич О.В., Стороженко В.О.</b> Біоцидні склокристалічні покриття для керамограніту .....	148
<b>Скородумова О.Б., Тарахно О.В., Чеботарьова О.М., Mashkov V.</b> Органо-неорганічні золі SiO <sub>2</sub> для підвищення вогнезахисних властивостей котонвмісних текстильних матеріалів .....	150
<b>Трегубов Д.Г., Тарахно О.В., Трегубова Ф.Д.</b> Осиліційність та ступінчастість температур плавлення вуглеводнів як маркер їх кластерної будови .....	152
<b>Тульський Г.Г., Ляшок Л.В., Гомозов В.П., Васильченко О.В., Скатков Л.І.</b> Одержання порошку вольфраму через електрохімічне перероблення вольфрам-кобальтових псевдосплавів для модифікації арамідної тканини .....	155
<b>Цапко Ю.В., Бондаренко О.П., Горбачова О.Ю., Мазурчук С.М.</b> Деякі аспекти вогнезахисту деревини інтумесцентним покриттям .....	157
<b>Цапко Ю.В., Бондаренко О.П., Цапко О.Ю., Саранін Ю.О.</b> Покриття для вогнезахисту конструкцій з тканин .....	159
<b>Цапко Ю.В., Горбачова О.Ю., Мазурчук С.М., Бондаренко О.П.</b> Дослідження поверхневих властивостей фанери .....	161
<b>Шабанова Г.М., Миргород О.В., Пирогов О.В., Рудаков С.В.</b> Дослідження деяких термодинамічних даних алюмінатів барію .....	163

<b>Шарианов А.Я., Тарахно О.В., Бабаєв А.М., Скородумова О.Б.</b> Математичне моделювання захисної дії етилсилікатного гелевого покриття по текстильних матеріалах в умовах сталого або динамічного теплового впливу .....	165
<b>Шишкіна О.О., Шишкін О.О.</b> Вплив температури та вологості середовища, де відбувається твердіння бетону, на ефективність застосування мікродоз поверхнево-активних речовин .....	167
<b>Cherkashina A., Lavrova I., Lebedev V., Tykhomyrova T.</b> Design and research of bituminous compositions modified by rubber brittle waste .....	169
<b>Lebedev V., Miroshnichenko D., Bilets D., Tykhomyrova T., Mysiak V.</b> Research of hybrid modification of eco-friendly polymers by humic substances .....	171

## СЕКЦІЯ 5. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

<b>Безугла Ю.С.</b> Профілактика пожеж в екосистемах .....	173
<b>Бригада О.В.</b> Аналіз травматизму під час проведення аварійно-відновлювальних робіт на підприємствах водопровідно-каналізаційного господарства .....	175
<b>Букаренко Н.О., Зінченко М.Г., Єршова Н.Ю.</b> Інноваційна технологія очищення миючих розчинів після миття автомобілів для приймання екологічних управлінських рішень .....	177
<b>Войналович О.В., Єременко О.І., Поліщук В.М.</b> Охорона праці на виробництвах деревних пелет .....	179
<b>Войналович В.В., Писаренко Г.Г., Майло А.М., Писаренко С.Г.</b> Визначення граничного стану накопиченої пошкодженості тримальних елементів конструкції транспортних засобів .....	181
<b>Войналович В.В., Тімочко В.О.</b> Засади розроблення працезахоронних ділових ігор .....	183
<b>Горбань Д.Г., Молчан А.П., Горносталь С.А.</b> Пропозиції по забезпеченню екологічних вимог при очищенні міських стічних вод .....	185
<b>Двейрін О.З., Царіцинський А.А., Набокін Т.П., Кондратьєв А.В.</b> Податливість кріпильних елементів у метал-композитних з'єднаннях .....	187
<b>Древаль Ю.Д.</b> До питання про зарубіжні концепти культури охорони праці .....	189
<b>Душкін С.С.</b> Модифікатор розчину реагентів .....	191
<b>Зоценко М.Л., Михайловська О.В.</b> Технологія захоронення відходів буріння з використанням ґрунтоцементних екранів .....	193
<b>Кирпиленко О.О., Рашкевич Н.В.</b> Проблемні питання отримання вторинної сировини з твердих побутових відходів .....	196
<b>Кондратьєв А.В., Кочанов В.Ю., Юреско Т.А., Царіцинський А.А., Набокін Т.П.</b> Довговічність акрилових виробів при тепловому старінні .....	197
<b>Кочубей В.В., Яремчук Я.В., Мальований М.С., Ягольник С.Г., Lutek W.</b> Дослідження адсорбційної здатності збагаченої монтморилонітом глини Хмельниччини .....	199
<b>Крушельницький Д.А., Рашкевич Н.В.</b> Питання рекультивації порушених земель	201
<b>Лобойченко В.М., Бондаренко А.Ю.</b> Дослідження умов попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із поширенням забруднюючих речовин у водні об'єкти .....	203
<b>Лобойченко В.М., Буравель Д.С.</b> Щодо розробки інструкції з охорони праці оператора зерноочисного комплексу моделі БСХ-100 на СТОВ «Надія» (Харківська область) .....	205
<b>Малько О.Д., Колошко Ю.В.</b> Вугільна шахта як гірниче підприємство підвищеної небезпеки .....	207

<b>Мальований М.С., Одноріг З.С., Тимчук І.С., Дзюрах Ю.М., Lutek W.</b> Дослідження впливу термічного та хімічного модифікування кристалічної структури клиноптилоліту на його адсорбційні властивості .....	209
<b>Петрищев А.С., Цимбал Б.М.</b> Проблеми безпеки і гігієни праці на помисловому підприємстві та шляхи їх вирішення .....	211
<b>Пономарьова С.Д., Юрченко В.О., Пономарьов К.С.</b> Екологічна небезпека дрібнодисперсних часточок будівельних матеріалів на основі цементу .....	213
<b>Радул І.Г., Радул С.Г.</b> Впровадження технік активізації психіки у рятувальників авіаційної галузі в процес професійної підготовки .....	215
<b>Рашикевич Н.В.</b> Фактори впливу на розподіл важких металів у ґрунтового ередовищі .....	217
<b>Рибалова О.В.</b> Вплив кліматичних змін на здоров'я людини .....	219
<b>Смирнов О.М.</b> Технологія утилізації тактичних ракет 9М21 .....	221
<b>Стаднік В.Ю., Тихомирова Т.С.</b> Перспективи використання ГІС-технологій для забезпечення екологічної безпеки урбанізованих територій на прикладі дитячих ігрових майданчиків .....	223
<b>Умеренкова К.Р., Борисенко В.Г., Горонескуль М.М.</b> Методика визначення параметрів озонобезпечних вогнегасних речовин .....	225
<b>Фесенко О.О., Лисюк В.М.</b> Професійні захворювання працівників зернопереробної галузі .....	227
<b>Фомін О.В., Ловська А.О., Тимошук О.М., Шевченко С.І.</b> Підвищення екологічності залізнично-поромних перевезень удосконаленням конструкцій кріплень критих вагонів .....	229
<b>Фомін О.В., Ловська А.О., Фоміна А.М., Полупан Є.В.</b> Дослідження навантаженості несучої конструкції контейнера-цистерни з котлом із композитного матеріалу та удосконаленою конструкцією фітінгів .....	231
<b>Цимбал Б.М., Петрищев А.С.</b> Особливості охорони праці під час воєнних (бойових) дій .....	233
<b>Цитлішвілі К.О.</b> Використання озоно-повітряної суміші для очищення і знезараження стічних вод харчової промисловості .....	235
<b>Цитлішвілі К.О.</b> Підвищення ефективності процесу очищення стічних вод методом хімічного мутагенезу .....	237
<b>Чернишова Л.М., Мовчан С.І., Дереза О.О., Скиба В.П.</b> Утилізація відпрацьованих миючих розчинів цеху ремонту спеціалізованої сільськогосподарської техніки .....	239
<b>Шароватова О.П., Цимбал Б.М.</b> Освітньо-професійні програми «Охорона праці»: вимір Національного університету цивільного захисту України .....	241
<b>Шароватова О.П., Чеберячко С.І.</b> Оцінка ризиків – основа управління безпекою праці та здоров'ям працівників .....	243
<b>Шевчук О.М.</b> Вплив на здоров'я людини радіоактивного випромінювання та низькоінтенсивної постійної природної радіації .....	245
<b>Юрченко В.О., Мельнікова О.Г.</b> Використання природного цеоліту для підвищення якості та екологічної безпеки природних поверхневих вод і стічних поверхневих вод .....	247
<b>Kondratenko O., Koloskov V., Koloskova H., Kozulia M., Oliinyk T., Krasnov V.</b> Determination of rational composition and properties of building materials based on ash-and-slag waste from coal and masute fuel combustion at heat-and-electric power station .....	250
<b>T. Mahlovana, V. Dolin, O. Myroshnyk, I. Nozhko.</b> Applying geoinformation systems to assess the release of radionuclides in case of fires in the radioactively contaminated territories of Ukraine .....	252



<b>Repetenko M., Chebotarova O., Kondratenko O., Koloskov V., Koloskova H.</b> Investigation of the influence of the process of passage of chain elements through the sprocket drive of the scraper conveyor sp 250 on the technogenic safety of its traction body .....	254
<b>Sierikova O., Koloskov V., Degtyarev K., Strelnikova O.</b> Nanocomposite materials application for liquid hydrocarbon storage tanks .....	256
<b>Skob Yu., Dreval Yu.</b> Determining the safe thickness and the material of the protective wall during an accidental hydrogen explosion of different power .....	258
<b>Макаров Є.О., Андронов В.А., Данченко Ю.М.</b> Електрохімічне утворення коагулянтів на основі алюмінію для очищення молочних стічних вод .....	260
<b>Пирогов О.В., Миргород О.В.</b> Особливості здійснення державного нагляду (контролю) за наданням послуг та виконанням робіт протипожежного призначення .....	264
<b>Абрамов Ю.О., Басманов О.Є., Олійник В.В.</b> Експериментальне визначення параметрів просочення рідини в сипучий матеріал .....	266
<b>Льовін Д.А., Шевчук О.Р., Стрілець В.М.</b> Обґрунтування пропозицій щодо ліквідації вибухонебезпечних предметів за допомогою захисного пристрою куполоподібної форми з навантаженням .....	268

*Наукове видання*

*«Problems of Emergency Situations»*

*Матеріали  
Міжнародної науково-практичної конференції  
19 травня 2022 року*

**Problems of Emergency Situations:** Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2022. 276 с.

**За зміст публікацій відповідальність несуть автори**

61023, Україна, м. Харків, вул. Чернишевська, 94

Відповідальний за випуск Ю.А. Отрош

Технічні редактори Н.В. Рашкевич, О.В. Васильченко, Ю.А. Отрош, Ю.В. Михайловська

Підписано до друку 30.04.2022

Друк. арк. 20,7

Тир. 100

Ціна договірною

Формат А4

Типографія НУЦЗУ, 61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94