

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

20 may 2021

Kharkiv





## НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ КАСКАДНОГО ТИПУ ПОШИРЕННЯ НА СМІТТЕЗВАЛИЩАХ З ЛІКВІДАЦІЙНИМ ЕНЕРГОЄМНИМ ТЕХНОЛОГІЧНИМ УСТАТКУВАННЯМ

*Рашкевич Н.В.<sup>1</sup>, аспірантка*

*Пруський А.В.<sup>2</sup>, д.т.н., доц.*

*Щербак С.С.<sup>1</sup>, к.т.н.*

*Сошинський О.І.<sup>1</sup>, к. мист.*

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

<sup>2</sup>*Інституту державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту, Київ, Україна*

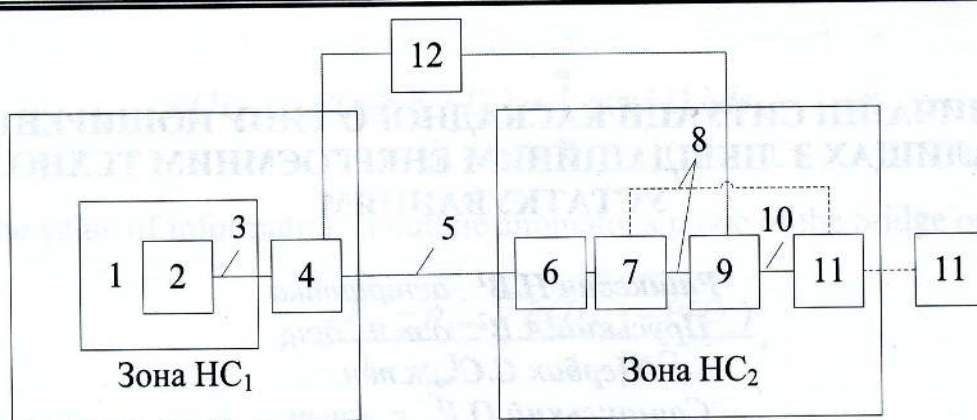
Поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ) становить актуальну проблему забезпечення безпеки довкілля та населення, як внаслідок надзвичайних подій, надзвичайних ситуацій (НС) пов'язаних з пожежами або зсувами великих мас відходів, так й в штатному режимі експлуатації, внаслідок утворення та переміщення за межі санітарно-захисної зони небезпечних продуктів розкладання [1, 2]. В рамках вирішення ряду природоохоронних проблем у світі спостерігаються тенденції до реконструкції сміттєзвалищ, як найбільш розповсюдженого способу поводження з відходами, що включають впровадження ліквідаційного енергоємного технологічного устаткування (ЛЕТУ). Однак, потрібно враховувати, що ЛЕТУ додатково становить техногенну небезпеку виникнення та (або) поширення НС, а наявні способи запобігання безпеки не є ефективними в задачах цивільної безпеки [3]. Відсутність (обмеження кількості) жертв та постраждалих серед цивільних осіб та фахівців підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій, як наслідків першої групи пріоритетності, є основною умовою попередження НС на потенційно небезпечних об'єктах, що розглядаються [4, 5].

Технологічні особливості ЛЕТУ залежать від ряду факторів, серед яких кінцева мета отримання біогазу з масиву ТПВ – енергетичне використання. Біогаз можна спалювати в котлах для виробництва пару, гарячої води або іншому спеціально пристосованому устаткуванні (сушарках, обігрівачах, печах, пальниках, випарниках, реформерах, газових холодильних машинах та інше), як на території сміттєзвалища, так й за його межами. В контексті попередження НС, вагоме значення мають фактори: кількісний та якісний склад біогазу, його зміни у часі (обумовлюють потужність та надійність); наявність поблизу кінцевого споживача для прямого використання; власні потреби в споживанні енергії; наявність та кваліфікація операторів для надійної експлуатації та обслуговування.

З огляду на економічну рентабельність, пряме енергетичне використання біогазу доцільне якщо об'єкт захоронення ТПВ розташований недалеко від кінцевого споживача (як правило, на відстані менше 10 або 15 км), або сам є споживачем. Географічні обмеження долаються за рахунок використання біогазу для виробництва електроенергії безпосередньо на об'єкті з подальшою подачею до загальної мережі електропостачання.

На рисунку 1 наведена зона НС<sub>1</sub>, що утворюється внаслідок зсуву звалищних ґрунтів, та зона НС<sub>2</sub> – вибуху біогазу на ЛЕТУ, які можуть існувати незалежно одна від одної. Зони НС можуть накладатись за умов наближеного розташування ЛЕТУ по відношенню до об'єкта захоронення ТПВ:





**Рис. 1. Інформаційна модель процесу попередження НС каскадного типу поширення, пов'язаних зі зсувом звалищних ґрунтів за рахунок умов віддаленого розміщення ЛЕТУ.**

На рисунку 1 використані наступні позначення: 1 – масив звалищних ґрунтів, 2 – газові свердловини, 3 – газозбірні трубопроводи з конденсатовідводчиками, 4 – газозбір-на станція (колектори), 5 – газотранспортний трубопровід низького тиску, 6 – вузол підготовки, 7 – газокомпресорна станція, 8 – газопровід високого тиску, 9 – ЛЕТУ, 10 – розподільча мережа, 11 – кінцевий споживач, 12 – система фізичного захисту.

Втрата стійкості схилів відбувається під дією дотичних напружень від зовнішнього навантаження (власної ваги відходів, сейсмічності, пороводяного тиску).

Енергетичними показниками вибухонебезпечності ЛЕТУ є: загальний енергетичний потенціал устаткування; загальна маса горючих парів вибухонебезпечної парогазової хмари приведена до єдиної питомої енергії згоряння; відносний енергетичний потенціал вибухонебезпеки устаткування.

Таким чином, надзвичайні ситуації можуть виникнути на території сміттєзвалища внаслідок зсуву звалищних ґрунтів з каскадним поширенням за наслідками першої групи пріоритетності, як то кількості жертв та кількості постраждалих, на ліквідаційне енергоємне технологічне устаткування.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Рашкевич Н. В., Дослідження безпеки продуктів розкладання в місцях депонування твердих побутових відходів / Н. В. Рашкевич, К. О. Цитлішвілі // Вісник КрНУ ім. Михайла Остроградського. – Вип. №3/2018(110). – С. 97–102.
2. Рашкевич Н. В. Исследование состава продуктов горения синтетического волокна / Н.В. Рашкевич // East journal of security studies. – 2017. – Vol. 1. – С. 194-201.
3. Рашкевич Н. В. Аналіз техногенної безпеки технологій поводження з твердими побутовими відходами / Н. В. Рашкевич // Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст». Серія: Технічні науки та архітектура. – 2019. – Т. 6. – № 152 (2019). – С. 58–66.
4. Рашкевич Н. В. Аналіз ефективності застосування способів запобігання надзвичайних ситуацій на полігонах депонування відходів / Н. В. Рашкевич // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – 2017. – № 33(1255). – С. 121–126.
5. Рашкевич Н. В. Формування математичного апарату методики попередження надзвичайної ситуації на полігоні твердих побутових відходів з технологічним устаткуванням / Н. В. Рашкевич // Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст». Серія: технічні науки та архітектура. – 2020. – Т. 1. – № 154 (2020). – С. 100–107.



# РОЗРОБКА МОДЕЛІ РОЗТІКАННЯ ГОРЮЧОЇ РІДИНИ ПО ПОВЕРХНІ ҐРУНТУ

*Олійник В.В., к.т.н., доцент,  
Басманов О.Є., д.т.н., професор,  
Саламов Д.*

*Національний університет цивільного захисту України*

Значна кількість надзвичайних ситуацій, що виникають в хімічній, переробній промисловості і на транспорті, починаються з аварійного розливу горючих рідин. На залізничний транспорт припадає близько половини всіх вантажних перевезень в Україні. 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.

Надзвичайні ситуації на залізничному транспорті, що супроводжуються розливом та горінням горючих і легкозаймистих рідин, є одними з найбільш небезпечних. Основну складність при їх ліквідації являє загроза поширення пожежі на технологічні споруди і рухомий склад. Тому важливим завданням є оцінка граничного часу введення сил і засобів для охолодження рухомого складу або його евакуації. Тепловий потік від пожежі буде визначатися видом горючої рідини і параметрами розливу.

Таким чином, аналіз аварій на залізничному транспорті, обумовлених розливом горючої рідини і горінням, показав, що вони створюють загрозу як для життя і здоров'я людей, так і для рухомого складу і технічних споруд залізниці.

Одним з поширених методів моделювання розтікання рідини по горизонтальній поверхні є використання принципу гравітаційного розтікання циліндричного шару рідини [1]. Основним недоліком моделі гравітаційного розтікання є відсутність врахування просочення рідини вглибину ґрунту. Також ця модель не може бути застосована на похилій поверхні.

При побудові моделі розтікання рідини, яка враховує її просочення вглиб підстилаючої поверхні, будемо виходити із припущення, що просочення рідини відбувається лише в вертикальному напрямку:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = R \left[ \frac{\partial}{\partial x} \left[ h^3 \left( \frac{\partial h}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ h^3 \left( \frac{\partial h}{\partial y} \right) \right] - \gamma \frac{\partial}{\partial x} h^3 \right] - \phi K \frac{h + z + h_f}{z}, \quad (1)$$

де  $h = h(x, y)$  – товщина шару рідини на поверхні;  $z = z(x, y)$  – глибина просочення в точці  $(x, y)$  розливу;  $K$  – гідравлічна провідність змоченого ґрунту;  $h_f$  – показник капілярності, що описує тиск втягування рідини вглиб ґрунту внаслідок капілярного ефекту;  $\phi$  – коефіцієнт пористості ґрунту, тобто об'ємна доля води, що міститься в змоченому ґрунті;  $\gamma = \text{tg } \theta$ ;  $\theta$  – кут нахилу поверхні;  $R$  – ефективний коефіцієнт дифузії.

Рівняння (1) разом з рівнянням просочення

$$\frac{\partial z}{\partial t} = K \frac{h + z + h_f}{z} \quad (2)$$

утворюють систему, що описує розтікання рідини з одночасним її просоченням.



За характером розтікання розрізняють миттєвий розлив і такий, що триває в часі. Перший має місце при катастрофічному руйнуванні ємності із рідиною, а другий – при ушкодженні ємності, яке призводить до поступового витікання рідини з неї. Відзначимо, що миттєве витікання є граничним випадком довготривалого витікання, якщо час витікання скорочується, прямуючи до нуля, а загальний об'єм розлитої рідини залишається сталим.

У випадку миттєвого розливу об'ємом  $V$ , що стався в момент часу  $t = 0$  у точці початку координат  $(0,0)$ , система (1)-(2) доповнюється початковою умовою

$$h(x, y) = V\delta(x)\delta(y), \quad (3)$$

$$z(x, y) = 0, \quad (4)$$

де  $\delta(x)$  – дельта-функція Дірака.

Для тривалого в часі витікання рідини система рівнянь розтікання і просочення набуває вигляду

$$\frac{\partial h}{\partial t} = R \left[ \frac{\partial}{\partial x} \left[ h^3 \left( \frac{\partial h}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ h^3 \left( \frac{\partial h}{\partial y} \right) \right] - \gamma \frac{\partial}{\partial x} h^3 \right] - \phi K \frac{h+z+h_f}{z} + v(t)\delta(x)\delta(y); \quad (5)$$

$$\frac{\partial z}{\partial t} = K \frac{h+z+h_f}{z}, \quad (6)$$

з нульовою початковою умовою

$$h(x, y) = 0, \quad z(x, y) = 0, \quad (7)$$

де  $v(t)$  – об'ємна швидкість витікання рідини ( $\text{м}^3/\text{с}$ ).

Для практичного використання отриманих моделей необхідно розв'язати системи рівнянь (1)-(2) і (5)-(6) із відповідними початковими умовами. Знаходження аналітичного розв'язку є неможливим внаслідок нелінійності рівнянь по невідомим функціям (товщини шару рідини і глибини просочення). Отже для цього мають бути застосовані чисельні методи, зокрема, метод сіток

Побудована модель може бути використана при прогнозуванні наслідків теплового впливу пожежі розливу горючої рідини на рухомий склад та технологічні споруди залізниці [2].

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Abramov Yu., Basmanov O., Krivtsova V., Salamov J. Modeling of spilling and extinguishing of burning fuel on horizontal surface // *Naukovyi Visnyk NHU*. 2019. V. 4. P. 86-90. doi: 10.29202/nvngu/2019-4/16.
2. 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. V. 2. P. 95-100. doi: 10.29202/nvngu/2018-2/12.



## ОБМЕЖЕННЯ ПОШИРЕННЯ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ, ПОВ'ЯЗАНИХ ЗІ ЗСУВОМ ЗВАЛИЩНИХ ГРУНТІВ

*Рашкевич Н.В.<sup>1</sup>, аспірантка*

*Єременко С.А.<sup>2</sup>, к.т.н., доц.*

*Хмиров І.М.<sup>1</sup>, д.н.держ.упр., доц.*

*Камишенцев Г.В.<sup>3</sup>, к.т.н.*

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

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

<sup>3</sup>*Адміністрація Державної прикордонної служби України*

На полігонах твердих побутових відходів (ТПВ) або сміттєзвалищах відомі чисельні випадки небезпечних подій, надзвичайних ситуацій (НС) пов'язаних зі зсувом звалищних ґрунтів. До основних наслідків небезпеки НС відносяться, як забруднення компонентів довкілля, значна їх площа поширення, так й значна кількість загиблих, постраждалих, осіб з порушенням умов життєдіяльності. Обмеження поширення зазначених наслідків (зменшення їх кількості) є пріоритетним напрямом в діяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України).

Ефективність робіт з обмеження поширення наслідків небезпеки залежить: по-перше, від забезпечення безпечних умов функціонування аварійно-рятувальних підрозділів ДСНС України в зоні ведення робіт, де існує висока ймовірність виникнення та поширення прихованих джерел небезпеки, ознаки яких потрібно визначати як на поверхні, так й товщі масиву відходів [1]; по-друге, врахування небезпечного впливу наслідків НС за межами об'єкту їх виникнення на довкілля та населення (наприклад, на стан атмосферного повітря, як основного джерела переносу небезпечних речовин для населення, яке мешкає у зоні можливого ураження [2]).

В роботах [3, 4], де додатково розглядається ліквідаційне енергоємне технологічне устаткування (ЛЕТУ) в якості зони поширення наслідків небезпеки, зазначено, що умовою попередження НС є строге виконання системи рівнянь, де перше рівняння описує залежність кількості загиблих осіб  $q_1$ , друге – залежність кількості постраждалих  $q_2$ , третє – залежність кількості осіб з порушенням умов життєдіяльності  $q_3$  від фізичних властивостей звалищних ґрунтів, як-то вологість  $w$ , щільність  $\rho$ , температура  $T$ , та технологічних показників ЛЕТУ  $L$ , четверте – дозволяє визначити умови відсутності постраждалих та жертв, як наслідків НС першого рівня пріоритетності, в залежності від варіації рішень задач з оцінки вологості  $\varphi_1$ , щільності  $\varphi_2$ , температури звалищних ґрунтів  $\varphi_3$ , та небезпеки зсувного масиву з урахуванням технологічних показників ЛЕТУ  $\varphi_4$

$$\begin{cases} q_1(w, \rho, T, L) = 0; \\ q_2(w, \rho, T, L) < q^{об}; \\ q_3(w, \rho, T, L) \leq q^{об}; \\ \Psi(q_1, q_2) = f_{q_1, q_2}(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4). \end{cases} \quad (1)$$

Діапазон варіації вхідних параметрів вологості, щільності, температури звалищних ґрунтів залежить від організаційних, оперативних, інформаційних та інженерних заходів, що визначаються інженерно-проектними, експлуатаційними умовами (табл. 1).



**Табл. 1. Умови, що впливають на фізичний стан звалищних ґрунтів та обмеження поширення наслідків НС, пов'язаних зі зсувом звалищних ґрунтів.**

№ з/п	Компонент умови	Опис
1.	Розміщення	Впливає на температурний режим, інфільтрацію вологи, стійкість схилів на зсув
2.	Потужність	
3.	Склад відходів	Впливає на швидкість розкладання, стійкість схилів на зсув
4.	Збір та управління фільтратом	Впливає на інфільтрацію вологи. Запобігає втраті стійкості схилів на зсув
5.	Послідовність заповнення	Впливає на температурний режим, інфільтрацію вологи, повітря. Запобігає загорянням, втраті стійкості схилів на зсув
6.	Покриття	
7.	Ущільнення	
8.	Контроль загорянь	Впливає на температурний режим. Запобігає виникненню пожеж, втраті стійкості схилів на зсув

Таким чином, в основі процесу обмеження поширення наслідків надзвичайних ситуацій, пов'язаних зі зсувом, лежать роботи направлені на зміну фізичних властивостей звалищних ґрунтів з урахуванням умов безпечного їх виконання та можливого впливу на стан довкілля та населення за межами об'єкту виникнення небезпеки.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Рашкевич Н. В. Спосіб виявлення пожеж на території полігону твердих побутових відходів / Н. В. Рашкевич, І. А. Черепньов, І. О. Ковальов // Інженерія природокористування. – 2019. – № 3 (13). – С. 102–109.
2. Rashkevich N., Goncharenko I., Anishenko L. et al. (2018). Biogas from the municipal solid waste polygon. Scientific Journal «ScienceRise», № 9 (50), P. 39–42.
3. Рашкевич Н. В. Розробка керуючого алгоритму методики попередження надзвичайних ситуацій на полігоні твердих побутових відходів з ліквідаційним енергоємним технологічним устаткуванням / Н. В. Рашкевич // Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст». Серія: Технічні науки та архітектура. – 2020. – № 156. – С. 188–194.
4. Рашкевич Н. В. Формування математичного апарату методики попередження надзвичайної ситуації на полігоні твердих побутових відходів з технологічним устаткуванням / Н. В. Рашкевич // Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст». Серія: технічні науки та архітектура. – 2020. – Т. 1. – № 154 (2020). – С. 100–107.