

---

**Секція 1.**  
**«НАУКОВІ АСПЕКТИ ЩОДО ЗАПОБІГАННЯ ВИНИКНЕННЮ ТА**  
**ПОШИРЕННЮ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ»**

---

УДК 614.8

**ОЦІНКА ПЛОЩІ РОЗЛИВУ ГОРЮЧОЇ РІДИНИ**  
**В ОБВАЛУВАННІ РЕЗЕРВУАРА**

*Ю.О. Абрамов, головн. наук. співр., д.т.н., професор, НУЦЗУ,*  
*О.Є. Басманов, головн. наук. співр., д.т.н., професор, НУЦЗУ,*  
*Д.О. Саламов, НУЦЗУ*

Розлив горючої рідини в обвалуванні резервуара є однією з небезпечних надзвичайних ситуацій, що можуть виникнути в процесі експлуатації резервуара з сировою нафтою або нафтопродуктом. Спалахування парів горючої рідини здатне призвести не лише до пожежі в обвалуванні, а і до її каскадного розповсюдження на резервуар та сусідні з ним резервуари. Для оцінки можливого теплового впливу пожежі на споруди резервуарного парку необхідно побудувати моделі динаміки розтікання рідини і оцінки максимальної площі розливу.

В роботі [1] розглянуто гравітаційне розтіканні рідини на горизонтальній поверхні і отримано оцінку граничної товщини  $\delta$  шару рідини у вигляді

$$\delta = \sqrt{\frac{2\sigma}{\rho g}}, \quad (1)$$

де  $\sigma$  – коефіцієнт поверхневого натягу рідини,  $H/м$ ;  $\rho$  – густина рідини;  $g$  – прискорення вільного падіння.

Залежність (1) отримано у припущенні, що розтікання рідини припиняється, коли сила поверхневого натягу стає рівною гравітаційній силі, що примушує рідину розтікатися.

В [2] враховано змочування поверхні рідиною, що розтікається, а саме – кут змочування  $\theta$  (рис. 1):

$$\delta = \sqrt{\frac{2\sigma}{\rho g} (1 - \cos \theta)}. \quad (2)$$

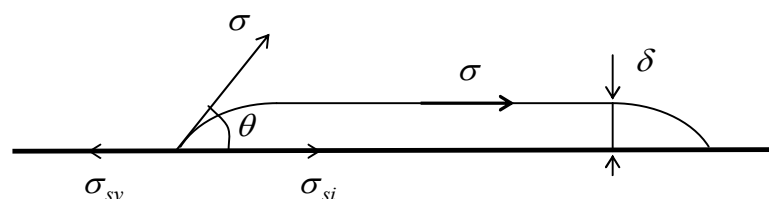


Рис. 1 – Рівноважний стан шару рідини на горизонтальній поверхні

Формулу (2) отримано з рівняння балансу між фазних напружень:

$$\sigma_{sv} + P - \sigma - \sigma_{si} = 0, \quad (3)$$

де  $\sigma_{sv}$  – вільна поверхнева енергія, Дж/м<sup>2</sup>;  $\sigma_{si}$  – міжфазна енергія між твердою поверхнею і рідиною;  $P$  – гравітаційна потенційна енергія:

$$P = \int_0^{\delta} p(z) dz = \frac{1}{2} \rho g \delta^2. \quad (4)$$

Відповідно до закону Янга,

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{sv} - \sigma_{si}}{\sigma}. \quad (5)$$

Із формул (3) і (5) випливає, що внаслідок існування міжфазних напружень, коефіцієнт поверхневого натягу, що розглядається в [1], має бути скорегований за допомогою множника  $(1 - \cos \theta)$ . Це стосується, зокрема, і моделі динаміки розтікання рідини на горизонтальній поверхні [1]:

$$R'' = \frac{gV(t)}{\pi R^3} - 0,455 \left( \lg \frac{2R|R'|}{\nu} \right)^{-2,58} \frac{2|R'|R'}{V(t)} \pi R^2 - \frac{\sqrt{2}\pi c_d c_1^3 R'|R'|R^2}{V(t)} - \frac{2\pi R \sigma (1 - \cos \theta)}{\rho V(t)}, \quad (6)$$

де  $R(t)$  – діаметр розливу;  $V(t)$  – об'єм розлитої рідини;  $\nu$  – кінематична в'язкість рідини;  $c_1 = 0,25$ ,  $c_d = 0,09$  – емпіричні сталі.

Відзначимо, що для води кут змочування  $\theta$  складає близько 85°. Тоді  $(1 - \cos \theta) \approx 0,91$ , а  $\sqrt{1 - \cos \theta} \approx 0,96$ . Це означає, що товщина шару води, розрахована за формулами (1) і (2), буде відрізнятися на 4%. В той же час, зі збільшенням значення  $|\cos \theta|$  від 0 буде збільшуватися різниця між формулами (1) і (2). Наприклад, для бензину ( $\theta = 19,7^\circ$ ):  $\sqrt{1 - \cos \theta} \approx 0,24$ , тобто товщина шару бензину розрахована по формулі (2), буде в 3 рази меншою порівняно з товщиною, розрахованою за формулою (1).

В [3] описано експеримент по розтіканню рідини на горизонтальній негладкій поверхні (на прикладі розтікання води на сухому ґрунті). Особливістю розтікання рідини на негладкій поверхні є те, що вона має заповнювати нерівності поверхні, внаслідок чого середня товщина шару рідини збільшується, а радіус розливу зменшується. Максимальне значення радіуса  $R_{\max}$  визначається із співвідношення

$$V = \pi R_{\max}^2 \delta_a + \pi R_{\max}^2 \delta, \quad (7)$$

де  $\delta_a$  – середня глибина нерівностей поверхні.

Об'єднуючи (2) і (7), отримаємо

$$\delta_a = \frac{V}{\pi R_{\max}^2} - \sqrt{\frac{2\sigma}{\rho g} (1 - \cos \theta)}. \quad (8)$$

Таким чином, врахування кута змочування  $\theta$  дозволяє уточнити моделі розтікання рідини на горизонтальній гладкій або негладкій поверхні. При цьому зменшення кута змочування призводить до зменшення товщини шару рідини на поверхні.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Горпинич И.А. Моделирование динамики разлива горючей жидкости на горизонтальной поверхности [Текст] / И.А. Горпинич // Пожарная безопасность. – Харьков: НУГЗУ, 2012. – Вып. 32. – С.50-56.
2. Vignes-Adler M. Physico-Chemical Aspects of Forced Wetting [Text] / M. Vignes-Adler // Drop-Surface Interactions. – Wien: Springer, 2002. – P.103-157.
3. Басманов А.Е. Растекание жидкости на негладкой горизонтальной поверхности при аварии на железнодорожном транспорте [Текст] / А.Е. Басманов, И.А. Горпинич // Проблемы надзвичайних ситуацій – Харків: НУЦЗУ, 2014. – Вип. 20. – С. 16-20. Режим доступу [http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/248/1/Pns\\_2014\\_20\\_5.pdf](http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/248/1/Pns_2014_20_5.pdf)

УДК 621.039.743

#### КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ СХОВИЩА ВІДПРАЦЬОВАНОГО ЯДЕРНОГО ПАЛИВА (СВЯП-1) НА ЧАЕС

*С.І. Азаров, д.т.н., с.н.с., Інститут ядерних досліджень НАН України, м. Київ,  
В.Л. Сидоренко, к.т.н., доц., Інститут державного управління  
у сфері цивільного захисту, м. Київ,  
О.С. Задунай, Український науково-дослідний інститут спеціального  
зв'язку та захисту інформації, м. Київ*

На ЧАЕС ефективно функціонує комплекс «мокрого» зберігання відпрацьованого ядерного палива для реакторних установок РБМК-1000. У світлі «післяфукусімних» подій завдання підвищення безпеки експлуатації сховища відпрацьованого ядерного палива (СВЯП-1) є пріоритетним напрямком діяльності Державного спеціалізованого підприємства «Чорнобильська атомна електростанція» [1].

Комплексний аналіз техногенної безпеки СВЯП-1 передбачав, в числі іншого, проведення імовірнісного аналізу безпеки [2]. Цілями імовірнісного аналізу були оцінка рівня безпеки СВЯП-1 та вироблення рекомендацій щодо підвищення цього рівня за рахунок впровадження технічних рішень і організаційних заходів.

Імовірнісний аналіз безпеки охоплював наступні типи ініціюючих подій:

- 1) внутрішні ініціюючі події;
- 2) внутрішні впливи, пов'язані з пожежами та затопленнями;
- 3) зовнішні впливи.