

УДК 389.14

ОЦІНКА ЗНИЖЕННЯ ТЕХНОГЕННОГО РИЗИКУ ПРИ РУЙНУВАННІ РЕЗЕРВУАРІВ З НАФТОЮ

Рудаков С.В.¹, к.т.н., доц.

¹Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

Основною спрямованістю сучасних підходів до забезпечення техногенно-екологічної безпеки, що базуються на концепції «прийняттого ризику», є зниження ймовірності загибелі людей та забруднення територій. Відсутність або нехтування науковими основами призводить, з однієї сторони, до економічних невинуватих витрат на забезпечення техногенно-екологічної безпеки, з іншої – до суттєвих упущень щодо реальної небезпеки аварійної ситуації на об'єкті [1-2].

Однак, незважаючи на підвищену увагу дослідників до цієї проблеми [3-4], ряд важливих з практичної точки зору закономірностей, що характеризують техногенну небезпеку руйнування технологічного обладнання та забруднення навколишнього середовища, виявлені в науковому плані недостатньо. І, як наслідок, відсутні методи оцінки небезпечних факторів, динаміки розвитку і прогнозу наслідків аварійної ситуації, пов'язаної з квазімиттєвим руйнуванням вертикального сталевих резервуарів з нафтопродуктами (далі РВС або нафтовий резервуар).

Відрізняючими ознаками такої аварії є повна втрата цілісності корпусу РВС і вихід протягом короткого проміжку часу на прилеглу територію всієї рідини, яка зберігається в резервуарі, у вигляді потужного потоку – хвильового прориву. При цьому хвиля характеризується різкою нестационарністю, наявністю фронту у вигляді бору (валу), який рухається зі значною швидкістю і володіє великою руйнівною силою.

Аналіз наслідків руйнувань РВС, переконливо свідчить про те, потік рідини, який рухається за законами гідродинаміки, призводить до травм і загибелі людей, значних матеріальних і екологічних збитків.

Специфіка проблеми в даному випадку пов'язана, перш за все, з тим, що резервуари несуть в собі підвищену небезпеку, як для самого об'єкту, так і для навколишньої території, внаслідок зберігання в них великої кількості пожежонебезпечних та токсичних речовин.

Мета роботи – розвиток методів оцінки та засобів зниження техногенно-екологічного ризику при квазімиттєвому руйнуванні нафтових резервуарів.

Аналіз наслідків руйнувань РВС переконливо свідчить, що такі перешкоди у всіх випадках не виконали свого функціонального призначення.

Особливістю руйнування РВС є не тільки знищення земляного обвалування або залізобетонної огорожувальної стіни, а й зазначене в кожному другому випадку повне руйнування або сильна деформація сусідніх резервуарів, пошкодження будівель, споруд і технологічних установок, що призводило до значного економічного збитку. При цьому потік рідини практично завжди виходив далеко за територію підприємства, створював загрозу сусіднім об'єктам та приводив до забруднення навколишнього середовища.

Захист від аварійного розливу нафти і нафтопродуктів, які знаходяться в пошкоджених резервуарах і трубопроводах, відповідно до вимог цього документа забезпечується пристроєм обвалування навколо окремих резервуарів, груп резер-

вуарів і резервуарних парків з відведенням пролітої рідини в систему каналізації, аварійні земляні амбари, відвідні канали та інші аварійні споруди.

Так, кожна група РВС, повинна бути огорожена замкнутим земляним обвалування шириною поверху не менше 0,5 м від огорожувальної стіни з негорючих матеріалів, яка розрахована на гідростатичний тиск рідини, що розлилася. При цьому висота зовнішнього огороження повинна бути на 0,2 м вище розрахункового рівня рідини, що розлилася, але не менше 1 м для РВС номінальним об'ємом до 10000 м³ і 1,5 м для РВС об'ємом 10000 м³ і більше.

Об'єм, який утворюється між укосами обвалування, повинен дорівнювати: для окремо розташованих РВС – повної ємності резервуара; для групи резервуарів – ємності більшого РВС.

Місткість обвалування групи резервуарів повинна задовільняти умові [4]:

$$V_{max} = (h_{огр} - \Delta h_{огр})(F_{обв} - \sum_{i=1}^n F_i) \quad (1)$$

де V_{max} – об'єм більшого РВС, м³; $h_{огр}$ – висота зовнішньої огорожі, м; $\Delta h_{огр}$ – перевищення зовнішньої огорожі над розрахунковим рівнем рідини, що розлилася, м; $F_{обв}$ – загальна площа обвалованої ділянки, м²; F_i – площа кожного з резервуарів групи, за винятком першого, м²; n – кількість резервуарів в групі.

Вимоги по обвалування окремих РВС, груп резервуарів (як і до відстаней між резервуарами) залежать від ємності групи резервуарів і окремого резервуара.

Необхідно відзначити, що нормативні вимоги до мінімальної відстані до сусідніх об'єктів змінюються стрибкоподібно в залежності від категорії складу і, що найголовніше, не враховують максимальний об'єм одиничного резервуара.

Таким чином, можна констатувати, що огорожі РВС, які розраховані на гідростатичний тиск рідини, що розлилася, не здатні протистояти гідродинамічному потоку, що і призводить до реалізації процесу його розливу по поверхні з виникненням ризику загибелі людей в результаті впливу хвилі прориву або теплового випромінювання пожежі потоку.

Для оцінки площі проливу рідини ($F_{пр}$, м²) при руйнуванні РВС використовуємо наступний вираз:

$$F_{пр} = f_p \cdot V_p \quad (2)$$

де f_p – коефіцієнт розлиття, дорівнює 5 м⁻¹ – при протоці на несплановану ґрунтову поверхню; 20 м⁻¹ – при протоці на сплановане ґрунтове покриття; 150 м⁻¹ – при протоці на бетонне покриття; V_p – об'єм рідини, що надійшла в навколишній простір при руйнуванні РВС, м³.

Аналізуючи формулу (2) можна бачити, що f_p залежить тільки від планування і покриття виробничого майданчика. При цьому форма площі проливу в будь-якому випадку набуває обрис кола. Однак аналіз наслідків руйнувань РВС переконливо свідчить про те, що на коефіцієнт розлиття основний вплив здійснює не розпланування території та вид покриття, а ухил виробничого майданчику ($i, \%$).

Наведені фактори щодо виду та планування покриттів резервуарних парків виробничих об'єктів, а також відсутність методики оцінки параметрів форми площі прориву рідини при розгерметизації надземного резервуара не дозволяють коректно використовувати нормовані коефіцієнти розлиття, що зумовлює необхідність диференційованого підходу до визначення їх величин.

Суттєве питання є про вплив властивостей рідин, які зберігаються в РВС до аварії на величину площі прориву при руйнуванні резервуара. На величину площі прориву рідини при руйнуванні РВС такі її властивості як в'язкість, щільність і коефіцієнт поверхневого натягу істотно впливу не оказують, особливо в початковій стадії розливу, коли відбувається гідродинамічне витікання.

На рис. 1 наведені принципи схеми для визначення параметрів форми площі проливу рідини і зони можливого затоплення території при квазімиттєвому руйнуванні РВС.

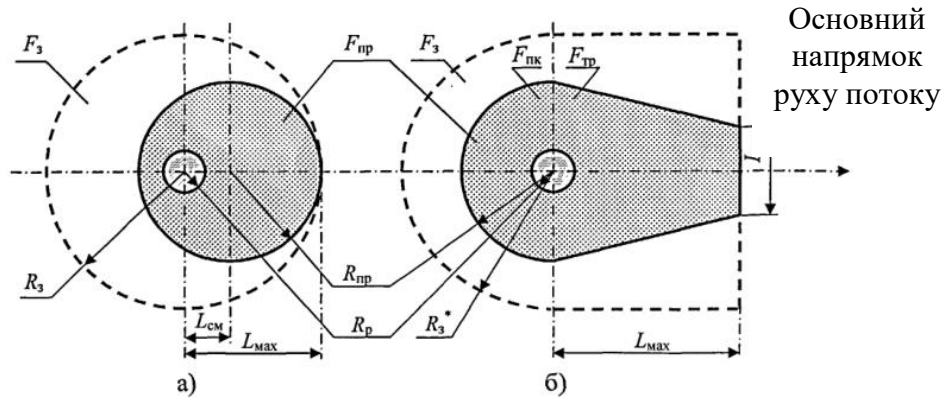


Рисунок 1 – Форми площ розливу рідин та зон можливого затоплення території з ухилом місцевості а) $i_1 < 1,5\%$ б) $1,5\% < i_2 < 7,0\%$

На рисунку: R_p – радіус РВС, м; R_{np} – радіус площі проливу рідини при руйнуванні РВС, м; R_z – радіус зони можливого затоплення території рідиною при руйнуванні РВС, м; L_{cm} – відстань між центру аварійного РВС до центру окружності, яка обмежує площу проливу; L_{max} – максимальна відстань між центру до межі дзеркалу проливу рідини за напрямком ухилу місцевості, м; $L_{тп}$ – ширина площі проливу рідини на територіях з $1,5\% < i_2 < 7,0\%$, чисельно дорівнює R_{np} , м; $F_{пк}$ та $F_{тп}$ – площі напівкола та трапеції відповідно, на територіях з $1,5\% < i_2 < 7,0\%$, м²; F_z – площа зони можливого затоплення території при руйнуванні РВС.

За результатами розрахункового визначення параметрів аварійного розливу нафти або нафтопродуктів при квазімиттєвому руйнуванні РВС на схему ситуаційного (генерального) плану об'єкта наноситься максимально прогнозована площа проливу і зона можливого затоплення території з вказаним значенням.

На об'єктах, до складу яких входять резервуари та резервуарні парки, повинні бути завчасно передбачені превентивні заходи протиаварійного і протипожежного захисту, адекватні аварійної ситуації, яка розглядається.

При оцінці техногенних ризиків в резервуарних парках у взаємодії з НФП, розглядаємо хвилю прориву в якості небезпечного фактору аварійної ситуації і в обґрунтованих випадках передбачати огорожу РВС, яке розраховане на гідродинамічне утримання потоку рідини.

Спосіб зниження техногенного ризику при квазімиттєвому руйнуванні РВС оснований на обмеженні площі проливу нафти або нафтопродукту шляхом застосування спеціальної огорожувальної стіни з хвильовідбивним навісом, яка розрахована на максимально можливий гідродинамічний вплив хвилі прориву (рис. 2). Огороджувальна стіна з хвильовідбивним навісом повинна бути суцільною за периметром резервуару та виконана з негорючих матеріалів з межею вогнестійкості не менш Е150.

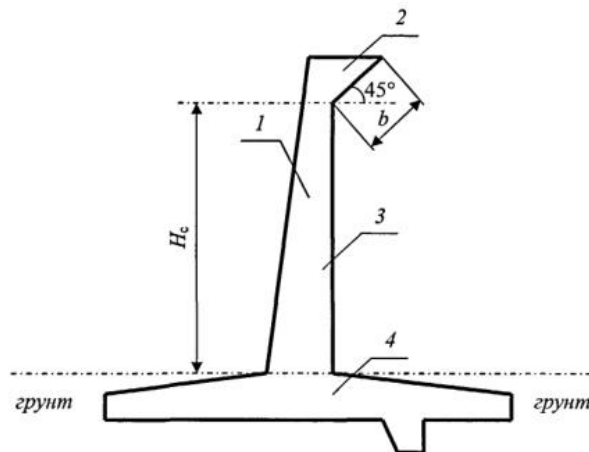


Рисунок 2 – Принципова схема огорожувальної стіни з хвильовідбивним навісом: 1 – захисна стіна, 2 – хвильовідбивний навіс, 3 – майданчик відображення потоку, 4 – основа стіни.

Відстань розмаху хвильовідбивного навісу необхідно приймати не менш 0,5 м;

Висновки: Запропонована концепція оцінки потенційного техногенного ризику при квазімиттєвому руйнуванні РВС та його зниження за рахунок застосування огорожувальної стіни з хвильовідбивним навісом, яка відображає:

- особливості та частоту квазімиттєвого руйнування резервуару;
- сценарії виникнення та розвитку аварії при руйнуванні РВС;
- метод оцінки форми та площі проливу рідини при руйнуванні РВС;
- спосіб зниження пожежного ризику при руйнуванні РВС – метод визначення геометричних параметрів огорожувальної стіни з хвильовідбивним навісом та метод визначення динамічних навантажень від впливу хвилі прориву на огорожувальну стіну з навісом;
- оцінку впливу огорожі на величину потенційного техногенного ризику при квазімиттєвому руйнуванні резервуару.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про затвердження критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності та визначається періодичність здійснення планових заходів державного нагляду (контролю) у сфері техногенної та пожежної безпеки Державною службою з надзвичайних ситуацій. Постанова Кабінету Міністрів від 27 грудня 2017 р. № 1043.
2. Азаров С. І., Сидоренко В. Л., Задунай О. С. Розробка засад класифікації небезпечних критично важливих об'єктів із загрозою виникнення техногенних надзвичайних ситуацій. *Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна безпека»*. 2019. Вип. 6(2/2019). С. 3–11. DOI: 10.5281/zenodo.3558940.
3. Баранов М.И. Избранные вопросы электрофизики: Монография в 2-х томах. Том 2, Кн. 1: Теория электрофизических эффектов и задач. Харьков: НТУ “ХПИ”, 2009. 384 с.
4. Wolski A., Dembsey N., Meacham B. Accommodating perceptions of risk in performance based building fire safety code development. *Fire safety journal*. 2000. V. 34(3). P. 297-309.