

- fonctionnelle // Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae // INRA Press Paris. – 1986. – P. 217 – 221.
7. Strasser R.J., Tsimilli-Michael M., Srivastava A. Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient // Chlorophyll a fluorescence: a signature of photosynthesis. Advances in Photosynthesis and Respiration Series. Kluwer Academic Publishers. Rotterdam. – 2004. – Vol. 19. – P. 321 – 362.
 8. Gyuricza V., Declerck S., Dupré de Boulois H. Arbuscular mycorrhizal fungi decrease radiocesium accumulation in *Medicago truncatula* // J Environ Radioact. – 2010. – Vol. 101. – P. 591 – 596.
 9. Rosen, K., Zhong W.L., Martensson A. Arbuscular mycorrhizal fungi mediated uptake of ¹³⁷Cs in leek and ryegrass // Sci. Total Environ. – 2005. – Vol. 338, No. 3. – P. 283 – 290.
 10. Hornik M., Pipiska M., Vrtoch L. et al. Bioaccumulation of Cs-137 and Co-60 by *Helianthus annuus* // Nukleonika. – 2005. – Vol. 50. – P. 49 – 52.
 11. Dubchak S., Ogar A., Mietelski J.W., Turnau K. Influence of silver and titanium nanoparticles on arbuscular mycorrhiza colonization and accumulation of radiocesium in *Helianthus annuus* // Span J Agric Res. – 2010. – Vol. 8. – P. 103 – 108.
 12. Willey N. Amelioration of soils contaminated with radionuclides: Exploiting biodiversity to minimize or maximise soil to plant transfer // Radioprotection. – 2005. – Vol. 40. – P. 819 – 824.

ЕКОЛОГІЯ І ВИРОБНИЦТВО

УДК 504.064; 614.835.3

ТЕХНОГЕННІ РИЗИКИ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ПІД ЧАС РЕМОНТНИХ РОБІТ РЕЗЕРВУАРІВ ІЗ НАФТОПРОДУКТАМИ

Липовий В. О., Удянський М. М.

Національний університет цивільного захисту України,
вул. Чернишевська, 94, 61023, м. Харків
lipovoy_vladimir@mail.ru

Наведено інформацію щодо поліпшення стану забезпечення екологічної безпеки навколо небезпечних об'єктів з наявністю технологічних процесів, пов'язаних з експлуатуванням та проведенням ремонтних робіт резервуарів із нафтопродуктами шляхом управління техногенними ризиками з урахуванням впливу чинників на їх значення. *Ключові слова:* техногенний ризик, забруднення довкілля, резервуар з нафтопродуктами, пробіт-функція, нафтозалишки.

Техногенные риски загрязнения окружающей среды при проведении ремонтных работ резервуаров с нефтепродуктами. Липовой В.А., Удянский Н.Н. Приведена информация об улучшении состояния обеспечения экологической безопасности вокруг опасных объектов с наличием технологических процессов, связанных с эксплуатацией и проведением ремонтных работ резервуаров с нефтепродуктами, путем управления техногенными рисками с учетом влияния факторов на их значение. *Ключевые слова:* техногенный риск, загрязнение окружающей среды, резервуар с нефтепродуктами, пробит-функция, нефтеостаток.

Man-caused environmental pollution during repair tanks with oil. Lipovoy V.O., Udyansky N.N. The data on the improvement of environmental safety around dangerous objects to the presence of processes associated with the operation and maintenance work tanks with oil by controlling technological risks, taking into account certain factors influence their value. *Keywords:* technological hazards, pollution, oil reservoir, the probit function, the residue oil.

Аварійні викиди та витокі шкідливих речовин внаслідок проведення регламентних та ремонтних робіт з очищення внутрішніх технологічних поверхонь резервуарів із нафтопродуктами можуть призвести до локального та катастрофічного рівня за-

вданья шкоди довкіллю та життєдіяльності людей.

Статистика свідчить, що понад 20% усіх пожеж на резервуарах зберігання нафтопродуктів відбувається через порушення вимог пожежної безпеки при проведенні ремонтних

робіт. При цьому на резервуарах кожна друга пожежа пов'язана саме з цією операцією.

У наукових дослідженнях з визначення техногенних, екологічних та інших ризиків недостатню увагу приділено питанню забезпечення екологічної безпеки навколо небезпечних об'єктів з наявністю технологічних процесів, пов'язаних з експлуатуванням та проведенням ремонтних робіт резервуарів із нафтопродуктами шляхом управління техногенними ризиками, визначеними з урахуванням впливу чинників на їх значення [1-2].

Мета роботи – виявлення впливу чинників на техногенні ризики забруднення довкілля шкідливими речовинами, які утворюються внаслідок експлуатування та проведення ремонтних робіт резервуарів із нафтопродуктами. Це наукове підґрунтя зазначеними ризиками в системі за-

безпечення екологічної безпеки та умов надійної безпеки життєдіяльності людини навколо таких об'єктів.

Виклад основного матеріалу

Проведено аналіз існуючих методів очистки резервуарів для зберігання нафтопродуктів від залишкових забруднень, характеру цих забруднень їх впливу на екологічну та пожежну безпеку. Розглянуто існуючі і перспективні конструкції устаткування для очищення резервуарів.

В процесі розвантаження резервуарів частка нафтопродуктів затримується на внутрішніх поверхнях, конструкціях у вигляді суцільного (прилиплого) шару. Крім цього, певна частка їх залишається в трубах, арматурі і насосах вантажної і зачисної систем. На днище резервуара осідають домішки, парафіни, асфальтосмолисті включення, продукти корозії, що відшарувалися (рис. 1).

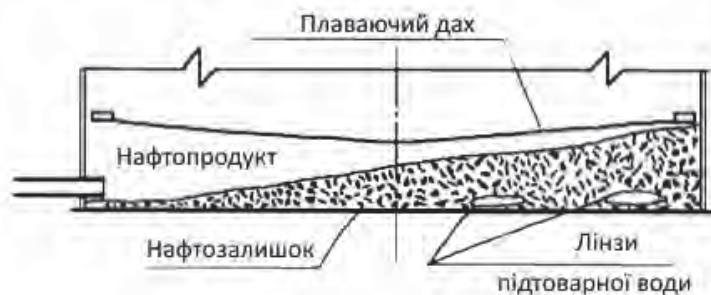


Рис. 1 – Розподіл осаду нафтозалишків по днищу резервуара з нафтопродуктами

У результаті утворюється невідкачуваний залишок, кількість якого змінюється в широких межах і залежить фізико-хімічних властивостей нафтопродуктів, температурного ре-

жиму транспортування, технічного стану вантажної системи тощо [2].

Кількість невідкачуваного залишку зазвичай становить 0,3 - 0,6% нафтопродукту залежно від його типу (рис. 2).

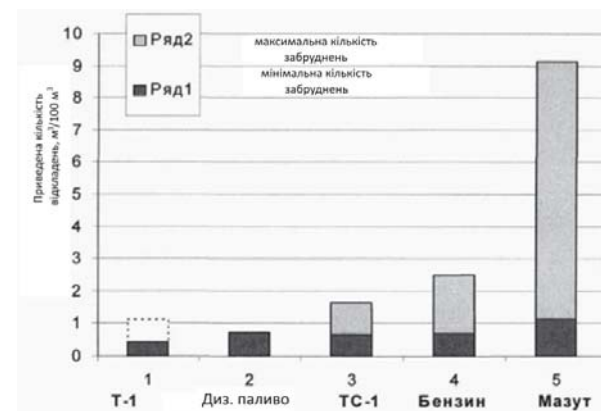


Рис. 2. Кількість залишкових забруднень наведена на 100 м³ місткості резервуару

Аналіз існуючих технологій показав, що в роботах по спеціальних технологічних операціях (навантаження, вивантаження, підігрів, інертизація газового середовища, мийка) не приділялося достатньої уваги вивченню питання екологічної безпеки процесу очищення резервуарів від залишків нафтопродуктів.

Вивчення стану забезпечення екологічної безпеки на об'єктах з наявністю технологічних процесів, пов'язаних з експлуатуванням та проведенням ремонтних робіт резервуарів із нафтопродуктами, виявлено, що поліпшення їх стану може бути досягнуто шляхом управління техногенними ризиками, визначеними з урахуванням впливу чинників на їх значення.

Проведено математичне моделювання процесу утворення на внутрішніх поверхнях стінок резервуару шкідливих технологічних відкладень з урахуванням фізико-хімічних властивостей нафтопродуктів і темпера-

тури газоповітряного середовища в ньому, експериментально перевірено адекватність запропонованої моделі.

За результатами аналізу процесу утворення шару залишків нафтопродуктів на поверхнях резервуару після вивантаження сформовано модель у вигляді безрозмірної ступеневої залежності $\rho\sigma / K^2 g = A(\eta^*)^a (\rho^*)^b (\sigma^*)^c$, що описує стан шару нафтозалишків на поверхнях резервуару і встановлює взаємозв'язок між кількісною характеристикою нафтозалишків - коефіцієнтом налипання K та їх фізико-хімічними характеристиками (щільністю ρ (кг·м⁻³), в'язкістю η (кг·м⁻¹·с⁻¹) і поверхневим натягом σ (кг·с⁻²).

Проведено експериментальні дослідження з шістьма видами нафтопродуктів, у якості яких використано кілька видів мазуту, що представляють весь ряд їх в'язкості. Виробництво їх здійснюється на основі існуючої сировинної бази (рис. 3). Температурний режим експериментів змінювався від 20 до 60° С. При цьому

кінематична в'язкість мазуту змінювалася в дуже широких межах - від $40,0 \cdot 10^{-6}$ до $15000,0 \cdot 10^{-6}$ м²·с⁻¹.

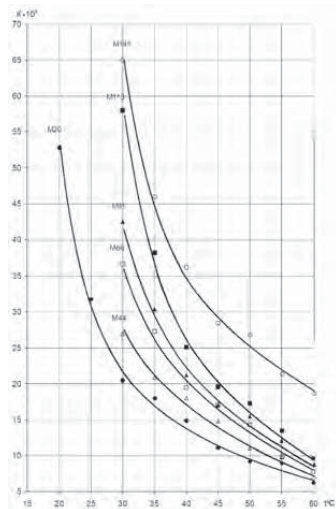


Рис. 3. Залежність величини коефіцієнта налипання мазуту від температури на вертикальну поверхню

Встановлено експоненціальну залежність коефіцієнта налипання нафтопродуктів від температури для вертикальних і горизонтальних поверхонь резервуарів, що описується системою безрозмірних емпіричних залежностей $K=f(\rho, \eta, \sigma)$, які дозволяють з достатньою достовірністю прогнозувати кількість технологічного залишку нафтопродуктів після вивантаження резервуару.

Визначені залежності показників нафтопродуктів, що характеризують їх адгезійну взаємодію з поверхнею резервуару, від температури (рис. 4):

- при зниженні температури від 60°C до 40°C поверхневий натяг лінійно збільшується;

- при зниженні температури від 40 до 20 °C спостерігається нелінійне зростання поверхневого натягу;

- величина крайового кута лінійно підвищується при зниженні температури в усьому діапазоні від 60 до 20 °C.

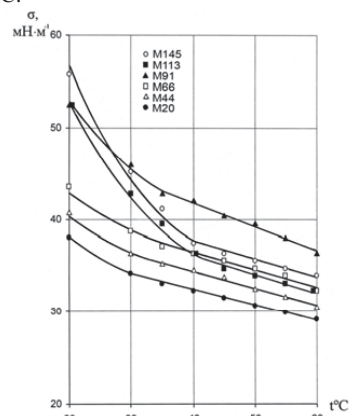


Рис. 4. Залежність поверхневого натягу мазуту від температури

З урахуванням одержаних результатів теоретичних та експериментальних досліджень розраховано можливі об'єми утворення продуктів очищення резервуарів для зберігання нафти і нафтопродуктів з вмістом шкідливих речовин внаслідок технологічних операцій, пов'язаних з їх експлуатацією та проведенням ремонтних робіт.

Теоретично досліджено залежність викидів шкідливих речовин з резервуарів в атмосферу, що утворюються внаслідок робіт з очищення та температури мийної рідини.

При проведенні операцій хімікомеханізованого способу очищення резервуарів від залишків нафтопро-

дуктів відбувається інтенсифікація процесів випаровування нафтопродукту в вільній об'єм резервуара, в тому числі і за рахунок підведення тепла нагрітим розчином технічного мийного засобу [4].

При термічному впливі струменя технічного мийного засобу на залишки нафтопродуктів у резервуарі відбувається нагрівання нафтозалишку, в результаті чого концентрація вибухопожежонебезпечних парів нафтопродукту всередині резервуара підвищується. Необхідно дати кількісну оцінку процесу насичення вільного простору резервуара парами нафтопродукту.

В результаті рішення системи диференціальних рівнянь 1-го порядку встановлено залежність температури суміші нафтозалишку з мийним розчином (T_I) від тривалості процесу нагрівання (τ) (час проведення очищення):

$$T_I = \frac{Z_2}{Z_1 - Z_2} (T_1^\infty - T_1^0) e^{z_1 \tau} - \frac{Z_1}{Z_1 - Z_2} (T_1^\infty - T_1^0) e^{z_2 \tau} + T_1^\infty, \quad (1)$$

де $z_{1,2} = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4C}}{2}$ - корені ха-

рактеристичного рівняння.

За допомогою рівняння (1) можна визначити час, протягом якого нафтозалишок буде нагрітий до заданої температури, а також зміна температури нафтозалишку протягом цього часу.

У результаті вивчення процесів взаємодії нафтозалишків з поверхнею резервуара і впливу на них струменя мийної рідини розроблена концептуальна модель проблемної

області, що досліджується.

Із застосуванням пробіт-функції проведено теоретичні розрахункові дослідження з виявлення залежності ймовірності ураження людей і забруднення довкілля внаслідок аварій, пов'язаних з експлуатацією та проведенням ремонтних робіт резервуарів із нафтопродуктами, від параметрів технологічних відкладень та залишків нафтопродуктів, а також дано оцінку значенню техногенних ризиків.

Розрахункові величини техногенного ризику є кількісною мірою можливості реалізації екологічної та пожежної небезпеки об'єкта та її наслідків для людей.

Кількісною мірою можливості реалізації екологічної та пожежної небезпеки об'єкта є ризик загибелі людей в результаті впливу небезпечних факторів пожежі, в тому числі:

- ризик загибелі працівника об'єкта;
- ризик загибелі людей, що знаходяться в сільбищній зоні поблизу об'єкта.

Ризик загибелі людей в результаті впливу небезпечних факторів пожежі на об'єкті характеризується числовими значеннями індивідуального і соціального ризиків.

Для оцінки наслідків аварій з пожежами слід зіставляти величини небезпечних факторів пожежі з критеріями ураження цими небезпечними факторами людей, будівель, споруд та обладнання. Для оцінки пожежного ризику використовують, зазвичай ймовірнісні критерії ураження небезпечними факторами пожежі. Детерміновані критерії використовують за неможливості застосування ймовірнісних критеріїв (рис 5.).

Детерміновані критерії показують значення параметрів небезпечного фактора, за яких спостерігається будь-який рівень ураження людей або руйнування навколишніх будівель, споруд та обладнання. У разі використання детермінованих критеріїв умовна ймовірність ураження приймається рівною 1, якщо значення критерія перевищує гранично-допустимий рівень, і рівною 0, якщо значення критерія не перевищує гранично допустимий рівень ураження людей або руйнування навколишніх

будівель, споруд та обладнання. Наприклад, для пожежі спалаху приймається, що умовна ймовірність загибелі людини, що потрапила в зону впливу високотемпературними продуктами згоряння газопароповітряної хмари, дорівнює 1. За межами цієї зони умовна ймовірність загибелі людини приймається рівною 0.

Ймовірнісні критерії показують, яка ймовірність ураження людей або руйнування будівель, споруд і устаткування при заданому значенні небезпечного фактора пожежі.

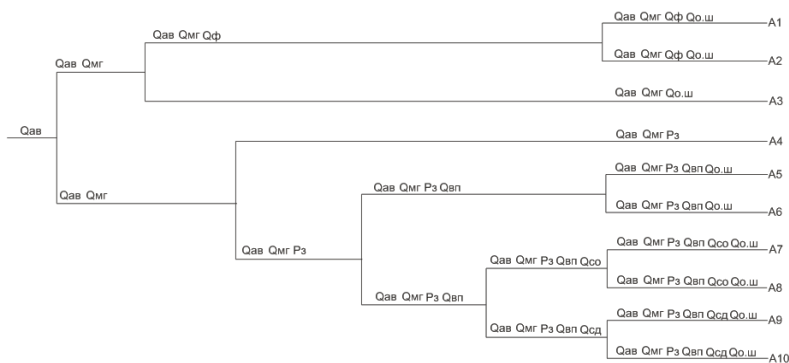


Рис. 5. Дерево подій при аваріях в резервуарах зберігання нафтопродуктів

На основі використання одержаних залежностей та пробіт-функції проведено теоретичні розрахункові дослідження з визначення техногенних ризиків ураження людей і забруднення довкілля внаслідок експлуатування та проведення ремонтних робіт резервуарів із нафтопродуктами, від параметрів технологічних відкладень, а також залишків нафтопродуктів, які за пізніми сценаріями виникнення аварійних ситуацій сягають значень від $1,689 \cdot 10^{-8}$ до $3,38 \cdot 10^{-5}$ рік-1.

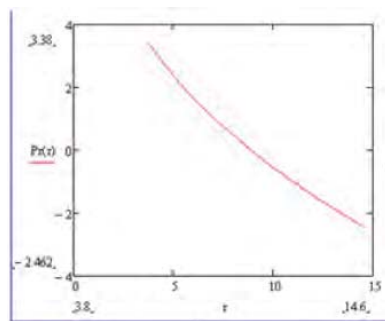


Рис. 6. Потенційний ризик ураження людей для пожежі проливу.

Розроблено методичні рекомендації щодо розрахунку і управління техногенними ризиками на об'єктах з наявністю технологічних процесів, пов'язаних з експлуатуванням та проведенням ремонтних робіт резервуарів із нафтопродуктами.

Висновки

Наведено розв'язання актуальної науково-технічної задачі з виявлення впливу чинників на техногенні ризики забруднення довкілля шкідливими речовинами, які утворюються внаслідок експлуатування та проведення ремонтних робіт резервуарів із нафтопродуктами. Це наукове підґрунтя управління дослідженими

ризиками в системі забезпечення екологічної безпеки та умов надійної безпеки життя і діяльності людини навколо таких об'єктів.

Зроблено висновок, що використання одержаних залежностей та пробіт-функції щодо теоретичних розрахункових досліджень з визначення техногенних ризиків ураження людей і забруднення довкілля внаслідок експлуатування та проведення ремонтних робіт резервуарів із нафтопродуктами, від параметрів технологічних відкладень, а також залишків нафтопродуктів, які залежно від розглянутих сценаріїв виникнення аварійних ситуацій досягають значень від $1,689 \cdot 10^{-8}$ до $3,38 \cdot 10^{-5}$ рік-1.

Література

1. Алимов В.Т., Тарасова Н.П. Техногенный риск. Анализ и оценка: Учебное пособие для вузов. - М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. - 118 с.
2. Добровольський В.В. Основи теорії екологічних систем: Навч. посібник. - К.: ВД «Професіонал», 2005. - 272 с.
3. Липовой В.А. Исследование состава и свойств остаточных загрязнений / Липовой В.А. // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. Забезпечення пожежної та техногенної безпеки. - Х.: НУЦЗУ, 2014. - С. 42 - 44.
4. Липовой В.А. Решение задачи теплообмена при струйной очистке резервуаров от остатков нефтепродуктов / Липовой В.А. // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Science. Vol. 8. 2013 - Budapest: C. 108 - 110.