

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УМОВ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОГО ТРАНСПОРТУВАННЯ НАФТОПРОДУКТІВ В РЕЗЕРВУАРАХ

Голота В.В.

Національний університет цивільного захисту України
вул. Онопрієнка, 8, 18000, м. Черкаси
pechdsns@ukr.net

Транспортування нафтопродуктів створює серйозні загрози для навколишнього середовища, оскільки будь-який витік або аварія можуть спричинити значне забруднення поверхневих водних об'єктів та підземних вод, ґрунтів, а також атмосферного повітря. Для зниження екологічних ризиків, що супроводжують транспортування нафти та нафтопродуктів, необхідно розробляти та впроваджувати сучасні технології захисту навколишнього природного середовища, яка включає використання сучасних запобіжних систем та заходів, такі як матеріали для побудови трубопроводів, контроль стану транспортних засобів, систем моніторингу та аварійні системи перекриття витоків та відновлювальні технології для ліквідації наслідків аварій. Також слід відмітити головною складовою є дотримання міжнародних екологічних стандартів, які регулюють транспортування небезпечних речовин. Важливими вимогами є герметичність резервуарів, справність транспорту, перевірки обладнання та методів зберігання перед транспортуванням. В роботі було проведено аналіз аварій на резервуарах зберігання нафтопродуктів при транспортуванні та оцінка впливів нафтопродуктів на навколишнє природне середовище при різних умовах транспортування. При аналізі нормативно-правової бази визначено важливі документи, які регламентують зберігання та транспортування нафтопродуктів. В роботі було визначено можливі небезпеки від процесу транспортування нафтопродуктів в резервуарах, що дасть змогу запропонувати комплекс заходів із попередження та мінімізації впливів нафтопродуктів на навколишнє природне середовище. Було розроблено Алгоритм дій у ході проведення моніторингу за станом резервуарів для зберігання нафтопродуктів при транспортуванні, який враховує потенційні загрози впливу на навколишнє природне середовище, що дозволить зменшити та попередити негативні впливи на навколишнє природне середовище від процесу транспортування нафтопродуктів в резервуарах. *Ключові слова:* екологічна безпека, резервуари нафтопродуктів, навколишнє середовище, транспортування нафтопродуктів.

Ensuring conditions for environmentally safe petroleum products transportation in tanks. Holota V.

The petroleum products transportation causes serious threats to the environment, since any spill or accident could cause significant pollution of surface water bodies and groundwater, soils, as well as atmospheric air. In order to reduce the environmental risks accompanying the oil and petroleum products transportation, it is necessary to develop and implement modern environmental protection technologies, which includes the use of modern safety systems and measures, such as materials for the pipelines construction, control of the vehicles condition, monitoring systems and emergency closure systems leaks and restorative technologies to eliminate the accident consequences. It should also be noted that the main component is compliance with international environmental standards that regulate the hazardous substances transportation. Important requirements are tightness of tanks, transport serviceability, checks of equipment and storage methods before transportation. The paper analyzed accidents at petroleum product storage tanks during transportation and assessed the petroleum products impact on the environment under different transportation conditions. The analysis of the regulatory framework identified important documents that regulate the storage and transportation of petroleum products. The paper identified possible dangers from the oil products transporting process in tanks, which will make it possible to propose a set of measures to prevent and minimize the effects of oil products on the environment. An Action Algorithm has been developed during the monitoring of the state of storage tanks for petroleum products during transportation, which takes into account potential threats to the environment, which will allow to reduce and prevent negative impacts on the surrounding environment from the process of petroleum products transportation in tanks. *Key words:* environmental safety, petroleum product tanks, environment, petroleum products transportation.

Постановка проблеми. Транспортна система є основною ланкою процесу постачання нафтопродуктів, таких як нафта та нафтопродукти. Ці енергоносії забезпечують роботу транспортної інфраструктури, енергетичних об'єктів, промислових підприємств, та інших секторів, що є важливими для сталого розвитку країни. Разом із їхньою важливістю для розвитку економіки, транспортування нафтопродуктів створює серйозні загрози для навколишнього середовища, оскільки будь-який витік або аварія можуть спричинити значне забруднення

поверхневих водних об'єктів та підземних вод, ґрунтів, а також атмосферного повітря.

Актуальність даного питання стає на фоні сучасних глобальних екологічних викликів, таких як зміна клімату, забруднення природного середовища та деградація екосистем. Відповідно до цього, питання екологічно безпечного транспортування нафтопродуктів набуває все більшого значення. З досвіду минулих екологічних катастроф, аварії під час транспортування нафтопродуктів можуть мати масштабні наслідки, які проявляються не лише у вигляді

значних економічних втрат, а й у руйнуванні екосистем та загрозах для здоров'я людей.

В основному використовуються кілька основних методів транспортування нафтопродуктів: трубопровідний транспорт, морські танкери, залізничний транспорт та автомобільні цистерни. Кожен із цих методів має свої переваги та недоліки з точки зору екологічної безпеки. Наприклад, морські танкери, які часто використовуються для міжнародних перевезень нафти, створюють ризики забруднення, особливо у разі аварій або недотримання правил безпеки. Трубопроводи зручні тим, що можуть перевозити великі обсяги, але вразливі до корозії, технічних несправностей і зовнішніх факторів, що може призвести до витоків. Автомобільний та залізничний транспорт, незважаючи на гнучкість у доставці на короткі відстані, можуть бути менш безпечними через ризик аварій у місцях скупчення транспорту.

Для зниження екологічних ризиків, що супроводжують транспортування нафти та нафтопродуктів, необхідно розробляти та впроваджувати сучасні технології захисту навколишнього природного середовища, яка включає використання сучасних запобіжних систем та заходів, такі як матеріали для побудови трубопроводів, контроль стану транспортних засобів, систем моніторингу та аварійні системи перекриття витоків та відновлювальні технології для ліквідації наслідків аварій. Також слід відмітити головною складовою є дотримання міжнародних екологічних стандартів, які регулюють транспортування небезпечних речовин. Важливими вимогами є герметичність резервуарів, справність транспорту, перевірки обладнання та методів зберігання перед транспортуванням.

На сьогоднішній день, безпечне транспортування відбувається завдяки інформаційно-комунікаційним технологіям, що дозволяють проводити моніторинг у реальному часі за станом трубопроводів, танкерів і цистерн. Автоматизовані системи контролю можуть значно підвищити рівень екологічної безпеки та забезпечити своєчасне виявлення і усунення аварійних ситуацій.

Таким чином, екологічно безпечне транспортування нафтопродуктів є важливою складовою глобальної енергетичної системи, що вимагає системного підходу до управління екологічними ризиками, впровадження нових технологій і дотримання міжнародних стандартів.

В статті розглядаються сучасні технології та методи транспортування, що забезпечують екологічну безпеку, аналізується міжнародний досвід у сфері регулювання цих процесів, а також оцінюються перспективи впровадження інноваційних рішень у транспортній галузі.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження:

1. Визначити можливі небезпеки від процесу транспортування нафтопродуктів в резервуарах, що

дасть змогу запропонувати комплекс заходів із попередження та мінімізації впливів нафтопродуктів на навколишнє природне середовище.

2. Розробити Алгоритм дій у ході проведення моніторингу за станом резервуарів для зберігання нафтопродуктів при транспортуванні, який враховує потенційні загрози впливу на НПС, що дозволить зменшити та попередити негативні впливи на навколишнє природне середовище від процесу транспортування нафтопродуктів в резервуарах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Стандарти і закони є важливими для забезпечення безпеки під час перевезення та зберігання нафтопродуктів, оскільки вони знижують ризики для людей, майна та навколишнього середовища.

В ДСТУ 7688:2015 «Нафтопродукти. Загальні вимоги до експлуатаційної безпеки» визначено загальні вимоги до безпечного зберігання, транспортування та використання нафтопродуктів [1].

В ДСТУ 4454:2005 «Нафта і нафтопродукти. Маркування, упаковка, транспортування і зберігання» встановлено правила маркування, пакування, транспортування та зберігання нафтопродуктів, а також їх вимоги до безпеки [2].

В ДСТУ 3437-96 «Нафтопродукти. Терміни та визначення» [3]. та ДСТУ 3464-96 «Авіаційні палива, оливи, мастильні матеріали і технічні рідини. Організація і правила контролю якості. Загальні положення» [4] визначено основні терміни.

В роботі розглянуто інші державні стандарти України, такі, як ДСТУ 4454:2005 Нафта і нафтопродукти. Маркування, пакування, транспортування та зберігання Режим доступу: [5], ДСТУ 4345:2004 Нафтопродукти. Палива рідкі. Номенклатура показників якості [6] щодо умов зберігання та транспортування нафтопродуктів.

В законі України «Про перевезення небезпечних вантажів» визначено загальні положення про порядок перевезення небезпечних вантажів, до яких належать нафтопродукти, і встановлює вимоги до транспортування, зокрема щодо упаковки, маркування, документального супроводу та безпеки [7].

В законі України «Про охорону навколишнього природного середовища» містить положення, які стосуються захисту довкілля під час перевезення небезпечних вантажів, включаючи нафтопродукти. Відповідно до закону, всі заходи з транспортування мають мінімізувати вплив на довкілля [8].

Проаналізувавши нормативні акти, закони та стандарти, які є життєво важливими для створення чіткої системи управління ризиками, що підвищує безпеку перевезень, знижує шкоду довкіллю та сприяє екологічно відповідальному використанню нафтопродуктів, було визначено перелік нормативних документів які регламентують та визначають вимоги щодо екологічно безпечного транспортування нафтопродуктів в резервуарах.

Під час транспортування нафтопродуктів можуть виникнути небезпечні екологічні загрози, і в тому числі можливі випадки аварій та витоків. Яскравими прикладами екологічних катастроф є:

1. Розлив нафти з танкера Ексон Вальдез що сталася 24 березня 1989 року в затоці Принца Вільгельма, спричинивши масштабне забруднення узбережжя Аляски та призвела до розливу близько 40 мільйонів літрів сирої нафти [9].

2. Вибух нафтової платформи «Deepwater Horizon» – техногенна катастрофа, яка сталася 20 квітня 2010 р. за 80 км від узбережжя штату Луїзіана в Мексиканській затоці, що призвів до виливу нафти і значного впливу на екосистему затоки [10].

Ці та інші випадки показали, що навіть незначна аварія під час транспортування нафтопродуктів може мати масштабні екологічні, економічні та соціальні наслідки. Втрата біорізноманіття, загибель морських і наземних екосистем, шкода для здоров'я людей і величезні економічні втрати – це тільки частина негативних наслідків, які можуть виникати внаслідок таких інцидентів.

Вивченням умов екологічно безпечного транспортування нафтопродуктів у резервуарах досліджували різні науковці з метою мінімізації впливу на навколишнє середовище та підвищення безпеки при транспортуванні. Нижче наведені вчені та дослідники, які внесли значний внесок у цю сферу.

В роботах Серікової О.М. досліджено стаціонарні резервуари зберігання нафтопродуктів при сейсмічних навантаженнях, проведено прогнозування можливих витоків, враховуючи природні й техногенні фактори, запропоновано заходи щодо підвищення рівня екологічної безпеки процесу зберігання нафтопродуктів. [11-16] Але не розглянуто впливи нафтопродуктів на довкілля при транспортуванні. Чіккам, А.К., Ларкін, Е., Петрина, Д.Ю. та інші оцінювали ризик корозії резервуарів [17-18]. У наукових роботах Zhang X [19], S. Wilson [20], L.A. Godoy [21], Islamovic F. [22], Jaca R.C. [23,24] представлено оцінку впливу резервуарів для зберігання нафтопродуктів на навколишнє природне середовище та моніторингу зміни герметичності колекторів, швидкості руйнування їх структури під дією техногенних і природних факторів. Актуальним є дослідження транспортування нафтопродуктів по трубах в роботах Peysson, Y., Bensakhria, A., Perry, G., Ashrafizadeh SN [25-28].

Метою дослідження є аналіз ключових екологічних загроз, що виникають під час транспортування нафтопродуктів та розробка заходів щодо їх мінімізації.

Новизна. Удосконалено науково-практичні підходи до оцінки впливу нафтопродуктів на навколишнє природне середовище при їх зберіганні та транспортуванні в резервуарах.

Матеріали та методи дослідження. Основними із застосованих методів були такі, як аналіз літературних даних щодо вирішення досліджуваної проблеми, системний аналіз щодо розроблення і обґрун-

тування наукових підходів до зниження впливу на навколишнє природне середовище, які можуть виникнути під час транспортування нафтопродуктів.

В роботі було розроблено Алгоритм дій у ході проведення моніторингу за станом резервуарів для зберігання нафтопродуктів при транспортуванні (Рис. 1), який враховує погодні умови – температура, тиск, вологість, швидкість вітру.

Даний алгоритм відрізняється від існуючих тим, що він враховує можливі загрози при порушенні герметичності резервуара при транспортуванні. Основний акцент ставиться на прогнозуванні можливих змін стану резервуара при втратах рідин під час транспортування.

Результати дослідження та їх обговорення. Алгоритм враховує як природні фактори (погодні умови: зміна температури, кількість опадів, сезон року, вітрові навантаження; агресивне середовище), так і техногенні (дорожнє покриття, вид транспорту, вібраційні навантаження, умови експлуатації резервуара та транспортного засобу, термін експлуатації резервуара, швидкість руху, зупинки та інш.), та дає змогу враховувати прогнози втрат рідин і визначати необхідність та доцільність впровадження технічних і управлінських заходів.

Для запобігання можливим загрозам, аваріям використовуються ряд заходів щодо перевірки герметичності та втрат рідини, які при порушеннях призводять до відповідних управлінських рішень [29-31].

Управлінські заходи щодо забезпечення екологічно безпечних умов транспортування нафтопродуктів включають:

- встановлення нових датчиків контролю рідини;
- моніторинг стану резервуара;
- режим руху та маршрут транспорту;
- технічний огляд транспортного засобу;
- врахування погодних умов при транспортуванні нафтопродуктів;
- інструктаж персоналу, що обслуговує транспортний засіб і резервуар;
- підбір матеріалів резервуарів зберігання нафтопродуктів.

Технічні заходи:

- Встановлення та своєчасна заміна засобів контролю за резервуаром та рідиною;
- модифікація конструкції резервуарів за необхідністю;
- підбір клапанів для підвищення герметизації резервуара;
- підбір антикорозійного захисту резервуара;
- вібраційний моніторинг конструкції резервуара;
- підбір матеріалів для ущільнення та мінімізації витоків;
- підбір матеріалів резервуара.

В статті було визначено можливі небезпеки від процесу транспортування нафтопродуктів в резерву-

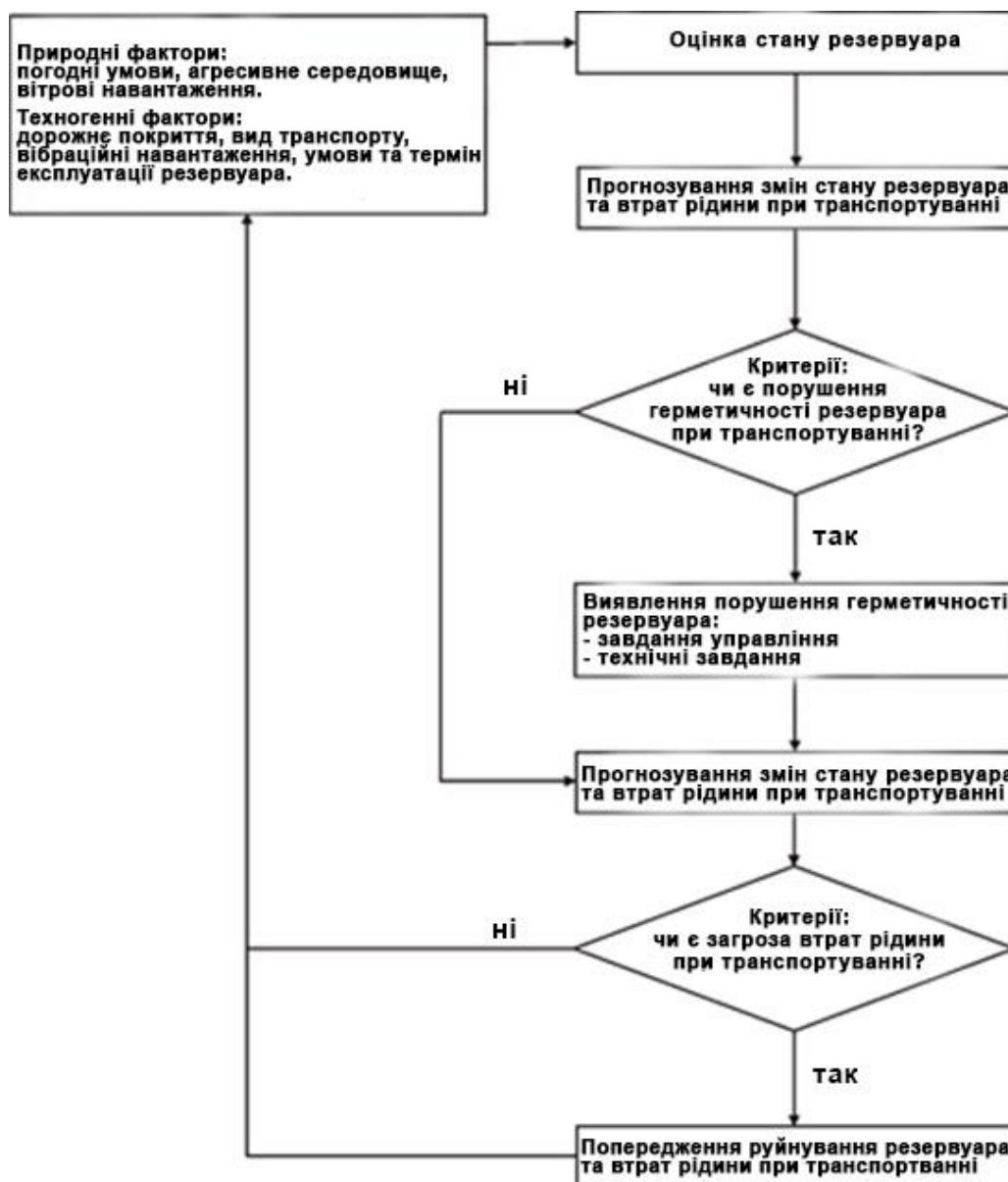


Рис. 1. Алгоритм дій у ході проведення моніторингу за станом резервуарів для зберігання нафтопродуктів при транспортуванні

арах, що дасть змогу запропонувати комплекс заходів із попередження та мінімізації впливів нафтопродуктів на навколишнє природне середовище. Було розроблено Алгоритм дій у ході проведення моніторингу за станом резервуарів для зберігання нафтопродуктів при транспортуванні, який враховує потенційні загрози впливу на НПС, що дозволить зменшити та попередити негативні впливи на навколишнє природне середовище від процесу транспортування нафтопродуктів в резервуарах.

Головні висновки. Було проведено аналіз аварій на резервуарах зберігання нафтопродуктів при транспортуванні та оцінка впливів нафтопродуктів на навколишнє природне середовище при різних умовах транспортування. При аналізі нормативно-правової бази визначено важливі документи,

які регламентують зберігання та транспортування нафтопродуктів. Розроблено алгоритм дій у ході проведення моніторингу за станом резервуарів для зберігання нафтопродуктів при транспортуванні, який враховує потенційні загрози впливу на навколишнє природне середовище, який забезпечить умови екологічно безпечного транспортування нафтопродуктів в резервуарах.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати досліджень можуть бути використані для підвищення рівня екологічної безпеки зберігання та транспортування нафтопродуктів в резервуарах шляхом забезпечення умов їх безаварійної експлуатації, для розвитку нових технологій та методів зниження техногенного впливу на довкілля від таких об'єктів.

Література

1. Паливо дизельне Євро. Технічні умови. ДСТУ 7688:2015. Чинний від 2015–05–28. К.: ДП «УкрНДНЦ». 2015. 18 с.
2. Нафта і нафтопродукти. Маркування, пакування, транспортування та зберігання: ДСТУ 4454:2005. К.: Держспоживстандарт України. 2006. 139 с.
3. Нафтопродукти. Терміни та визначення: Наказ Державного комітету України з питань технічного регулювання та споживчої політики від 17.10.1996. ДСТУ 3437-96 № 428. 1996. URL: https://budstandart.ua/normativdocument.html?id_doc=68722;
4. Авіаційні палива, оливи, мастильні матеріали і технічні рідини. Організація і правила контролю якості. Загальні положення: Наказ Державного комітету України з питань технічного регулювання та споживчої політики від 28.05.2000. № 523. URL: https://budstandart.ua/normativ-document.html?id_doc=64132
5. Нафта і нафтопродукти. Маркування, пакування, транспортування та зберігання. ДСТУ 4454:2005. 2005.
6. Нафтопродукти. Палива рідкі. Номенклатура показників якості: ДСТУ 4345:2004. К.: Управління Держспоживстандарту, 2006. 18 с.
7. Про перевезення небезпечних вантажів. Закон України від 6 квітня 2000 р. (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2000, № 28, ст. 222) URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1644-14#Text>
8. Про охорону навколишнього природного середовища: закон України від 25 червня 1991 року № 1264-XII. Відомості Верховної Ради України. 1991. № 41. Ст. 546.
9. Iman C., Ganaie Q. A., Saini G. The Exxon Valdez Oil Spill: A Review. *International Journal of Technical Innovation in Modern Engineering & Science (IJTIMES)*. 2019. Vol. 5. Sp.Is. 04. P. 220–223.
10. Hazen, T.C., E.A. Dubinsky, T.Z. DeSantis, G.L. Andersen, Y.M. Piceno, N. Singh, J.K. Jansson, A. Probst, S.E. Borglin, J.L. Fortney, and others. Sea oil plume enriches indigenous oil-degrading bacteria. 2010. *Science* 330. P. 204–207, <https://doi.org/10.1126/science.1195979>
11. Sierikova O., Koloskov V., Degtyarev K., Strelnikova E. Improving the Mechanical Properties of Liquid Hydrocarbon Storage Tank Materials. *Materials Science Forum*. Trans Tech Publications Ltd, Switzerland. 2022. Vol. 1068. P. 223–229. doi:10.4028/p-888232;
12. Sierikova O., Strelnikova E., Gnitko V., Tonkonozhenko A., Pisia L. 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. Nechiporuk et al. (Eds.): ICTM 2021. 2022. LNNS 367. P. 573–585. https://doi.org/10.1007/978-3-030-94259-5_49
13. Серікова О. М. Особливості техногенного впливу резервуарів з рідкими вуглеводнями на довкілля під час сейсмічних навантажень. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2024. 34(2). С. 54–60. DOI: 10.36930/40340207
14. Серікова О.М. Попередження екологічних небезпек резервуарів зберігання отруйних та легкозаймистих рідин при сейсмічних навантаженнях. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. Кременчук. 2023. № 5 (142). С. 42–48. DOI <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2023.5.5>
15. Серікова О.М. Підвищення рівня екологічної безпеки території, прилеглої до місць розташування резервуарів рідких вуглеводнів. *Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна безпека»*, 14(2/2023). Харків. 2023. С. 50–57. DOI: 10.52363/2522-1892.2023.2.6
16. Серікова О.М. Підвищення рівня екологічної безпеки резервуарів зберігання отруйних та легкозаймистих рідин при сейсмічних навантаженнях. *Науково-практичний журнал «Екологічні науки»*. Київ. 2023. № 6 (51). С. 130–135. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.6-51.21>
17. Zee, M., Chikkam, A. K., Larkin, E., Taheri, P., Rezaie, A., Campbell, A. Corrosion risk assessment, failure analysis and corrosion mitigation for aboveground storage tanks and case histories. *Corrosion* 2019. Nashville, Tennessee, USA: NACE International. 2019.
18. Petryna D.Y., Hohol' V.M., Petryna Y.D. et al. Corrosion and Corrosion-Mechanical Fracture of the Steel of Crude-Oil Tanks. *Mater Sci* 51. 2016. P. 666–672. <https://doi.org/10.1007/s11003-016-9889-1>
19. Zhang X., Tang W., Zhang Q., Wang T. et al. Hydrodeoxygenation of lignin-derived phenolic compounds to hydrocarbon fuel over supported Ni-based catalysts. *Applied Energy*. 2018. Vol. 227. P. 73–79. doi: 10.1016/j.apenergy.2017.08.078
20. Wilson S., Zhang H., Burwell K., Samantapudi A., Dalemarr L., Jiang C., Rice L., Williams E., Naney C. Leaking Underground Storage Tanks and Environmental Injustice: Is There a Hidden and Unequal Threat to Public Health in South Carolina *Environ. Justice* 6. P. 175–182.
21. Godoy L.A., Jaca R.C., Ameijeiras M.P. On buckling of oil storage tanks under nearby explosions and fire in Fingas, M. (Ed.): *Storage Tank Spills: Preventative Design, Causes, Case Histories*. 2021. Chapt. 2.6. P. 199–259.
22. Islamovic F., Gaco Dž., Hodzic D., Bajramovic E. Determination of stress-strain state on elements of cylindrical tank structure. *Proc. of 9th International scientific conference on defensive technologies*. OTEH 2020, October 8–9. Belgrade, Serbia. 2020. P. 1–6.
23. Jaca R.C., Godoy L.A., Calabro H.D., Espinosa S.N. Thermal post-buckling behavior of oil storage tanks under a nearby fire. *Int. J. Pressure Vessels and Piping*. 2021. Vol. 189, N 1. P. 104289.
24. Jaca R.C., Godoy L.A., Calabro H.D., Espinosa S.N. Thermal post-buckling behavior of oil storage tanks under a nearby fire. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*. 2021. 189 (2). P. 1–10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpvp.2020.104289>
25. Peysson Y., Bensakhria A., Antonini G., Argillier J.F. Pipeline lubrication of heavy oil: experimental investigation of flow and restart problems. *SPE Prod & Oper*. 2007. 22 (01). P. 135–140. <https://doi.org/10.2118/97764-PA>.
26. Perry G. Method of Shear Heating of Heavy Oil Transmission Pipelines. Canadian Patent Application 2524542. 2007.
27. Ashrafizadeh SN, Kamran M. Emulsification of heavy crude oil in water for pipeline transportation. *J Pet Sci Eng*. 2010. 71. P. 205–211.
28. Shi L., Shuai J., Xu K. Fuzzy fault tree assessment based on improved AHP for fire and explosion accidents for steel oil storage tanks. *Journal of hazardous materials*. 2014. Vol. 278. P. 529–538. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.06.034>.

-
29. Tadros, A. F. F. Environmental aspects of petroleum storage in above ground tank. *E3S Web of Conferences The International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (ICSF 2020)*. 2020. Vol. 166, 01006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016601006> ICSF 2020.
 30. Choudhary N., Kumar N., Strelnikova E., Gnitko V., Kriutchenko D., Degtyariov K. Liquid vibrations in cylindrical tanks with flexible membranes. *Journal of King Saud University, Science*. 2021. Vol. 33, no. 8, 101589. doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101589.
 31. Ramirez O., Mesa A., Zuluaga S., Munoz F., Sanchez-Silva M., Salzano E. Fragility Curves of Storage Tanks Impacted by Strong Winds. *Chemical Engineering Transactions*. 2019. Vol. 77. P. 91–96.