

БЕЗПЕЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ПРОМИСЛОВИХ ТРУБОПРОВОДІВ ЯК ЧИННИК СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Кривенко Г.М.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
вул. Карпатська, 15, 76019, м. Івано-Франківськ
galyna.kryvenko@nung.edu.ua

Безпечна експлуатація промислових трубопроводів є одним із ключових чинників забезпечення техногенної та екологічної безпеки об'єктів паливно-енергетичного комплексу. Значна частина промислових трубопроводів експлуатується протягом тривалого часу, що підвищує ризик виникнення аварійних ситуацій, пов'язаних із корозійними пошкодженнями та порушенням герметичності труб.

Метою роботи є дослідження умов безпечної експлуатації промислових трубопроводів. Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі: прогнозування ймовірних аварійних втрат нафти через дефектні отвори та оцінювання можливих площ екологічного забруднення.

Об'єктом дослідження є промисловий трубопровід із значним терміном експлуатації. У роботі проведено аналіз причин виникнення аварій на промислових трубопроводах та виконано класифікацію дефектів з огляду на безпеку експлуатації даної ділянки нафтопроводу на основі аналізу нормативів оцінки. На основі розрахункових залежностей визначено можливі обсяги аварійного витікання нафти через дефектні отвори різних еквівалентних площ. Виконано прогнозування площ забруднення довкілля залежно від параметрів витіку та відстані дефекту від початку трубопроводу.

Отримані результати показали, що найбільші аварійні втрати нафти спостерігаються при виникненні дефектів у початковій частині трубопроводу, де значення тиску є максимальним. Встановлено, що зростання еквівалентної площі дефектного отвору та часу перекриття запірної арматури призводить до істотного збільшення обсягів розливу нафти та площі забруднення довкілля.

Практичне значення дослідження полягає у можливості використання отриманих результатів для прогнозування наслідків аварій та оптимізації режимів експлуатації промислових трубопроводів із значним терміном служби. *Ключові слова:* промисловий трубопровід, аварійний витік, дефектний отвір, екологічна безпека, розлив нафти, сталий розвиток.

Safe Operation of Industrial Pipelines as a Factor of Sustainable Development. Kryvenko G.

Safe operation of industrial pipelines is a key factor in ensuring the technogenic and environmental safety of facilities of the fuel and energy complex. A significant proportion of industrial pipelines have been in operation for a long time, which increases the risk of emergency situations associated with corrosion damage and loss of pipeline integrity.

The aim of this study is to investigate the conditions for the safe operation of industrial pipelines. To achieve this aim, the following tasks were addressed: forecasting probable emergency oil losses through defective holes and assessing potential areas of environmental pollution.

The object of the study is an industrial pipeline with a significant service life. The paper analyzes the causes of accidents on industrial pipelines and classifies defects in terms of operational safety for a specific section of the oil pipeline based on the analysis of existing assessment standards. Based on calculated dependencies, the possible volumes of emergency oil leakage through defective holes of different equivalent areas were determined. The area of environmental pollution was predicted depending on the leak parameters and the distance of the defect from the beginning of the pipeline.

The obtained results showed that the largest accidental oil losses are observed when defects occur in the initial section of the pipeline, where the pressure is the highest. It was established that the increase in the equivalent area of the defective hole and the time required to close the shut-off valve leads to a significant increase in the volume of oil spills and the area of environmental contamination.

The practical significance of the study lies in the possibility of using the obtained results to predict the consequences of accidents and optimize the operating modes of industrial pipelines with a significant service life. *Key words:* industrial pipeline, accidental leak, defective hole, environmental safety, oil spill, sustainable development.

Постановка проблеми. Промислові трубопроводи є важливим елементом інфраструктури нафтогазового комплексу та забезпечують транспортування вуглеводневих енергоносіїв між технологічними об'єктами. Надійність їх функціонування безпосередньо впливає на енергетичну безпеку, економічну стабільність підприємств та стан довкілля.

Значна частина трубопроводів експлуатується протягом тривалого періоду часу, що призводить до поступового погіршення технічного стану металу труб. Основними причинами виникнення аварій є корозійні пошкодження, механічні дефекти, помилки експлуатації та порушення герметичності трубопроводу [1]. Крім того, в сучасних умовах додатковими чинниками ризику стають зовнішні



впливи, пов'язані з воєнними діями, зокрема пошкодження об'єктів енергетичної інфраструктури внаслідок ракетних та артилерійських обстрілів, вибухів, а також порушення технологічних режимів роботи систем транспортування вуглеводнів. Такі фактори підвищують ймовірність аварійних ситуацій, що можуть призводити до масштабних витоків нафти та значного негативного впливу на довкілля.

Аварійні витoki нафти можуть спричинити значне забруднення ґрунтів, водних ресурсів та атмосферного повітря, що становить серйозну екологічну загрозу. Тому оцінювання можливих сценаріїв аварій та прогнозування їх наслідків є важливим завданням забезпечення техногенної та екологічної безпеки.

У контексті реалізації принципів сталого розвитку особливого значення набуває впровадження ефективних методів оцінювання ризиків аварій та в подальшому розроблення заходів щодо попередження витоків вуглеводневих енергоносіїв.

Актуальність дослідження та зв'язок авторського доробку з важливими науково-практичними завданнями. Для гарантування безпеки промислових трубопроводів необхідно оцінювати й аналізувати небезпеки, пов'язані зі специфікою їх експлуатації. Як відомо, вплив на навколишнє середовище промислових трубопроводів проявляється протягом усього експлуатаційного періоду. Тому аналіз небезпек під час транспортування вуглеводневих енергоносіїв є особливо актуальним. Прогнозування сценаріїв розвитку аварій, що спричиняють негативний вплив на довкілля, можливе за умови проведення детального аналізу та оцінки небезпек, які виникають в процесі експлуатації об'єкта. Це дасть змогу провести необхідні заходи з попередження виникнення аварійних ситуацій, при цьому не допустити або зменшити негативний вплив на довкілля. У цьому полягає практичне значення авторського доробку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемі забезпечення техногенної безпеки об'єктів паливно-енергетичного комплексу присвячено багато наукових робіт. Це праці Говдяка Р. М., Грудза В. Я, Семчука Я. М та ін. [1-3]. У роботах [4-6] висвітлено проблеми екологічної безпеки під час транспортування вуглеводневих енергоносіїв. Аналіз небезпек під час виникнення аварійних ситуацій, наведено у [7-9]. У роботах [10-12] розглянуто питання оцінки ризику аварій та прогнозування наслідків аварій на потенційно небезпечних виробничих об'єктах. У світовій практиці також значна увага приділяється оцінюванню цілісності трубопроводів, прогнозуванню витоків та моделюванню екологічних наслідків аварій [13-15]. У роботах [6, 8] неповністю враховуються особливості експлуатації промислових об'єктів із значним терміном експлуатації, які можуть призвести до їх відмов.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Більшість сучасних досліджень присвячені питанням оцінювання цілісності

трубопроводів, аналізу корозійних пошкоджень та прогнозуванню витоків вуглеводнів. Проте недостатньо дослідженими залишаються питання прогнозування масштабів екологічного забруднення залежно від параметрів дефектів трубопроводів та режимів їх експлуатації.

Метою роботи є дослідження умов безпечної експлуатації промислових трубопроводів. Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі: прогнозування ймовірних аварійних втрат нафти через дефектні отвори та оцінювання можливих площ екологічного забруднення. Об'єктом дослідження є промисловий трубопровід із значним терміном експлуатації.

Новизна та загальнонаукове значення. Новизна полягає у комплексному дослідженні чинників, що впливають на безпеку виникнення та наслідки аварійних ситуацій під час транспортування вуглеводневих енергоносіїв: визначенні залежності аварійних втрат нафти від еквівалентної площі дефектного отвору та відстані дефекту від початку трубопроводу; прогнозуванні площі екологічного забруднення при різних сценаріях витoku; обґрунтуванні необхідності коригування режимів тиску для промислових трубопроводів із значним терміном експлуатації.

Викладення основного матеріалу. Вплив на навколишнє середовище промислових трубопроводів проявляється протягом усього експлуатаційного періоду. Оскільки основною формою впливу нафтопроводу на навколишнє середовище є забруднення при витіканні нафти з дефектних отворів ґрунтів, водного середовища та атмосфери, то для підвищення екологічної безпеки експлуатації промислових нафтопроводів необхідно прогнозувати виникнення відмов. Це дасть змогу наперед проводити заходи з мінімізації впливу їх на довкілля. Найбільше відмов спостерігається через чинники техногенного характеру, зокрема корозії, що призводить до виникнення пошкоджень у тілі труби у вигляді тріщин та корозійних свищів різної форми.

Слід виділити, що нафта може витікати через корозійні свищі і пошкодження з характерним розміром до 15 мм та через тріщини, що утворилися в тілі унаслідок механічних пошкоджень, помилок під час експлуатації. Частка витоків через корозійні свищі і пошкодження з характерним розміром до 15 мм складає 70% від загальної кількості розгерметизації, тоді як через тріщини, що утворилися в тілі унаслідок механічних пошкоджень, помилок під час експлуатації – 30% [16].

З метою зниження ризику виникнення аварійних ситуацій та своєчасного виявлення дефектів трубопроводів у сучасній практиці активно застосовуються цифрові системи моніторингу технічного стану трубопровідного транспорту. Одним із ключових інструментів управління технологічними процесами транспортування вуглеводнів є системи диспетчерського контролю та збору даних SCADA,

які забезпечують дистанційний моніторинг тиску, витрати та інших параметрів роботи трубопроводів у режимі реального часу. Використання таких систем дає змогу оперативно реагувати на відхилення технологічних параметрів та запобігати виникненню аварійних ситуацій.

Перспективним напрямом підвищення надійності трубопровідного транспорту є застосування сенсорних мереж на основі технологій Інтернету речей (IoT), які забезпечують постійний контроль стану трубопроводів за допомогою датчиків тиску, температури та вібрації. Для раннього виявлення витоків також застосовуються акустичні системи моніторингу, які фіксують характерні акустичні сигнали, що виникають під час розгерметизації трубопроводу. Важливу роль у забезпеченні технічної надійності трубопроводів відіграє внутрішньотрубна діагностика із застосуванням інтелектуальних діагностичних пристроїв, що дає змогу виявляти корозійні пошкодження, тріщини та інші дефекти на ранніх стадіях їх розвитку. Крім того, сучасні дослідження все частіше використовують методи машинного навчання для прогнозування ймовірності відмов трубопроводів на основі аналізу великих масивів експлуатаційних даних. Використання таких підходів дозволяє підвищити ефективність систем управління ризиками та забезпечити більш безпечну експлуатацію об'єктів трубопровідного транспорту. Застосування зазначених технологій сприяє зменшенню ймовірності аварійних ситуацій, мінімізації екологічних ризиків та забезпеченню сталого функціонування нафтогазової інфраструктури.

За результатами внутрішньотрубною діагностики із застосуванням інтелектуальних пристроїв виділено три групи дефектів з огляду безпеки експлуатації даної ділянки нафтопроводу на основі аналізу нормативів оцінки небезпечності [1] (рис. 1). Дефект, в якого втрати металу максимальні як по глибині, так і по довжині є найбільш небезпечним (група 1).

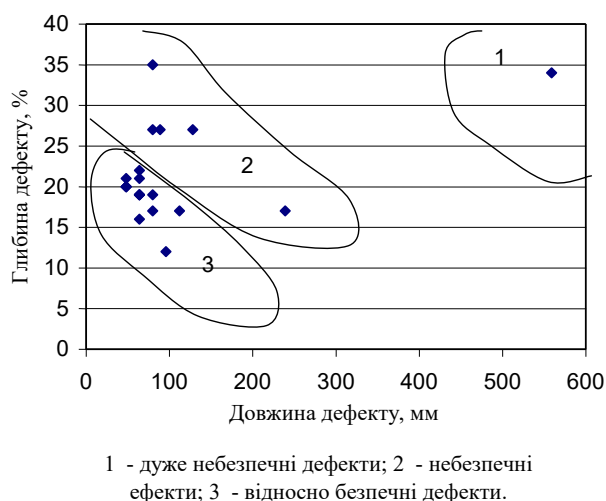


Рис. 1. Залежність глибини дефекту від його довжини

Другу групу дефектів теж потрібно віднести до небезпечних у даний момент, не чекаючи, коли вони стануть причиною аварії. За методикою, наведеною у [16], визначено ймовірність виникнення аварійної ситуації через дефекти, які є в тілі труби. Ймовірність $P_6(20) \approx 0,503$. Отже, спостерігається висока ймовірність виникнення відмов на ділянці трубопроводу. Тому необхідно прогнозувати ймовірну кількість нафти, що може витекти з дефектного отвору та площу забруднення. При цьому важливим завданням є визначення сумарного об'єму нафти до і після закриття запірної арматури на промисловому трубопроводі.

Кількість нафти, що витікає з дефектного отвору визначена за методикою, наведеною у [16].

Маса нафти, яка витекла з аварійного отвору з моменту виникнення аварії до перекриття запірним пристроєм, визначається за залежністю:

$$M(t, s_{ym}) = \int \mu_{\phi} \cdot \rho \cdot s \cdot \sqrt{2g \cdot \Delta H} dt, \quad (1)$$

де μ – коефіцієнт витрати отвору; ρ – густина нафти, $\text{кг}/\text{м}^3$; s – площа поперечного перерізу отвору, м^2 ; g – прискорення вільного падіння, $\text{м}/\text{с}^2$; $H = \frac{\Delta p}{\rho g}$ – напір, при якому відбувається витікання, м .

Площа забруднення довкілля S визначається за залежністю [1]:

$$S = 53,5 \cdot q^{0,89} \quad (2)$$

де q – кількість розлитої нафти, м^3 .

Для дефектів, які є найнебезпечніші, визначено кількість розлитої нафти. При цьому враховувалися їх розміри, напір над центром дефектного отвору та його розташування від початку нафтопроводу.

Визначено максимально можливі аварійні розливи нафти при виникненні дефектних отворів в тілі труби для промислового нафтопроводу, призначеного для транспортування нафти від установки первинної підготовки нафти і газу до пункту наливу.

Для дослідження витікання нафти з дефектних отворів у трубопроводах використано такі дані: довжина промислового трубопроводу $L=30000$ м, внутрішній діаметр $D=0,152$ м, об'ємна витрата $Q = 66$ $\text{м}^3/\text{год}$, тиск на початку трубопроводу $p = 1,9$ МПа, густина нафти $\rho = 820$ $\text{кг}/\text{м}^3$. В'язкість нафти $4 \cdot 10^{-6}$ $\text{м}^2/\text{с}$.

Час перекриття засуву залежить від реалізації сценарію витікання. Якщо розглядати найбільш небезпечний дефект, що знаходиться у першій групі ризику (рис. 1), то час перекриття запірних пристроїв 15 хв, оскільки відношення характерного лінійного розміру отвору до внутрішнього діаметра трубопроводу складає $\frac{L_p}{D} = 1,5$. Для дефектів, які знаходяться у другій групі ризику, (малі та середні тріщини, у яких відношення характерного лінійного розміру отвору до внутрішнього діаметра трубопроводу зна-

ходиться у межах $0,3 \leq \frac{L_p}{D} \leq 0,75$, час ідентифікації витоків та закриття запірних пристроїв коливається у межах від 60 до 240 хвилин в залежності від стану траси промислового трубопроводу [10]. Визначимо, яка кількість нафти може витекти з дефектного отвору, характерний розмір якого $\frac{L_p}{D} = 1,5$ – «гільйотинний розрив». Припускаємо, що такі отвори можуть виникати на таких відстанях від початку трубопроводу: 120 м, 2220 м та 4820 м. Еквівалентна площа дефектного отвору – $0,008034 \text{ м}^2$. Прогнозна оцінка аварійних втрат нафти у випадку «гільйотинного розриву» наведена на рис. 2. Кількість нафти, яка може витекти в результаті «гільйотинного розриву», з дефектного отвору, що знаходиться на відстані 120 метрів від початку трубопроводу, коливається в межах від 80 т до 241 т.

Якщо дефектний отвір є на відстані 4820 метрів, то кількість розлитої нафти коливається в межах від 74 т до 221 т. Лише за швидкого реагування диспетчерських служб відносно перекриття запірних пристроїв можливо зменшити аварійне витікання. Прогнозована площа забруднення довкілля складає від 3154 м^2 до 8415 м^2 .

Визначимо кількість втрат аварійної нафти, (малі та середні тріщини, у яких розміри дефектного отвору $0,3 \leq \frac{L_p}{D} \leq 0,75$). Розглянемо дефектний отвір еквівалентна площа якого $0,00167 \text{ м}^2$. Припускаємо, що такі дефектні отвори другої групи небезпеки можуть виникати на таких відстанях від початку трубопроводу: 250 м, 4850 м та 10850 м. Прогнозована кількість нафти для дефектних отворів різних еквівалентних площ наведена на рис. 3 – 5.

Можлива кількість аварійних втрат нафти для отвору, еквівалентна площа якого $0,00167 \text{ м}^2$, зображена на рис. 3.

З аналізу рис. 3 слідує, що максимальна кількість нафти, що може витекти у випадку аварійної ситуації, з дефектного отвору, що знаходиться на відстані 250 метрів від початку, складає 191 т (час витікання 60 хвилин). Мінімальна кількість аварійної нафти за час витікання 20 хвилин – 66 т. Прогнозована площа забруднення довкілля складає від 2657 м^2 до 6842 м^2 .

На рис. 4 наведено прогнозовану кількість розлитої нафти для дефектного отвору, еквівалентна площа якого дорівнює $0,00132 \text{ м}^2$.

З графічних залежностей на рис. 4 слідує, що максимальна кількість нафти, яка може витекти з дефектного отвору, що знаходиться на відстані 350 метрів від початку трубопроводу, складає 155 т (час витікання 60 хвилин). Мінімальна кількість аварійних втрат нафти за час витікання 20 хвилин – 52 т. Слід відмітити, що на кількість втрат нафти впливає відстань від початку трубопроводу до аварійного отвору. Прогнозована площа забруднення довкілля складає від 2149 м^2 до 8415 м^2 .

З аналізу графіків, наведених на рисунках 3-4 слідує, що, оскільки дані дефекти належать до групи малих та середніх тріщин з параметрами $0,3 \leq \frac{L_p}{D} \leq 0,75$, то аварійні втрати нафти та прогнозована площа забруднення довкілля буде знаходитися у межах одного порядку. Слід зауважити, що дані дефектні отвори створюють загрозу для довкілля. Тому потрібно завчасно проводити заходи щодо забезпечення безаварійної експлуатації промислових трубопроводів.

У процесі експлуатації промислових трубопроводів небезпечними є малі дефекти, що виникають внаслідок корозії металу труби. Еквівалентна площа таких свищів не перевищує $S_{\text{екв.}} \leq 10^{-4} \text{ м}^2$ незалежно від діаметра трубопроводу. На рис. 5 наведено прогнозовану кількість розлитої нафти для такого

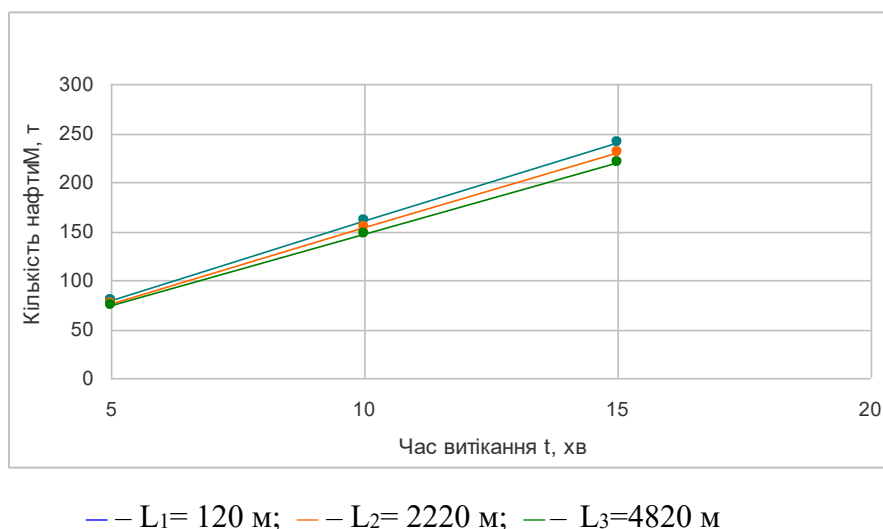
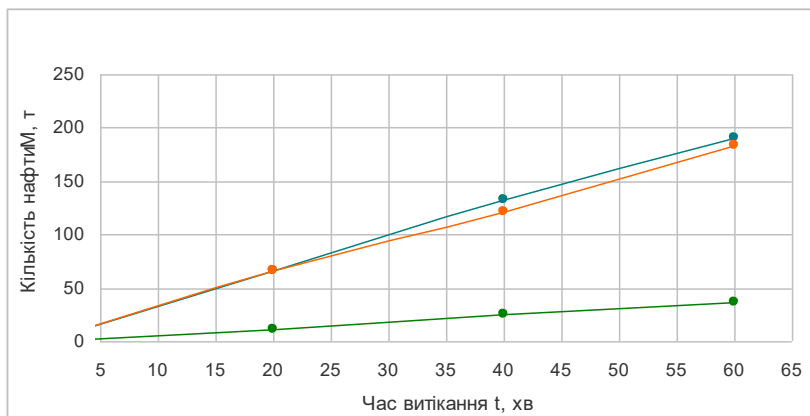
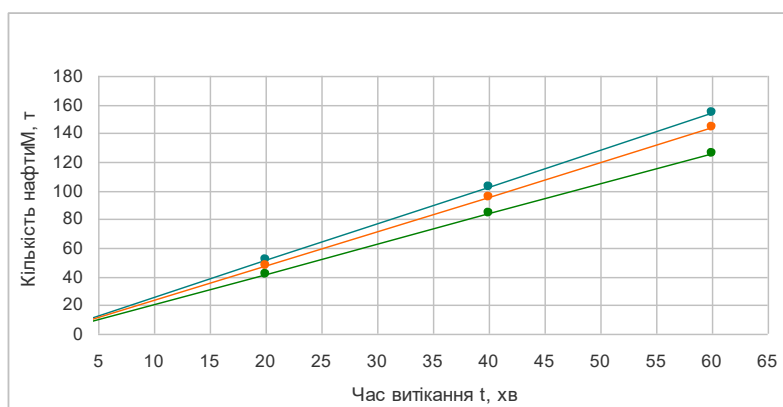


Рис. 2. Прогнозування кількості нафти, яка витікає в результаті «гільйотинного розриву»



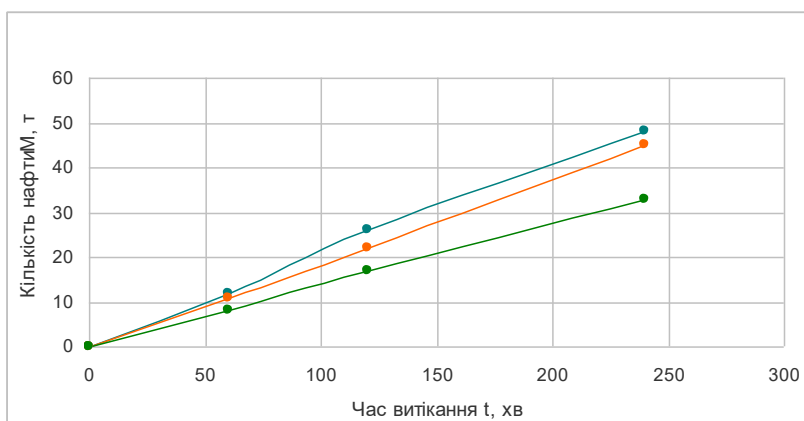
— L₁= 250 м; — L₂= 4850 м; — L₃=10850 м

Рис. 3. Прогнозування кількості нафти, яка витікає через дефектний отвір



— L₁= 350 м; — L₂= 5850 м; — L₃=11350 м.

Рис. 4. Прогнозування кількості нафти, яка витікає через дефектний отвір, еквівалентна площа якого 0,00132 м²



1 – L₁= 160 м; 2 – L₂= 4160 м; 3 – L₃= 155600 м.

Рис. 5. Прогнозування кількості нафти, яка витікає через дефектний отвір, еквівалентна площа якого 0,0001 м²

дефектного отвору. Еквівалентна площа отвору складає 0,0001 м².

З аналізу графіків, наведених на рис. 5, слідує, що мінімальна кількість аварійних втрат нафти складає 10 т за час витікання 50 хвилин. Максимальна кількість втрат складає 48 т (час витікання 240 хвилин). Прогнозована площа забруднення довкілля коливається від 496 м² до 2002 м².

Результати розрахунків свідчать, що кількість аварійних втрат залежить від еквівалентної площі отвору, режиму роботи промислового трубопроводу, перепаду тиску у промисловому трубопроводі. Тому для безпечної експлуатації промислових трубопроводів необхідно, щоб дефекти в тілі труби будь-якого походження, які виявлені засобами діагностування, були усунені у ході проведення ремонту ще до того, як вони стануть небезпечними. Необхідно коригувати втрати тиску в трубопроводах із значним терміном експлуатації для попередження виникнення аварійних ситуацій, що у контексті глобальних еко-

логічних викликів підвищення надійності трубопроводного транспорту відповідає принципам екологічної відповідальності та сучасним підходам ESG (Environmental, Social, Governance), які передбачають зниження промислових ризиків і мінімізацію негативного впливу виробничої діяльності на навколишнє середовище.

Головні висновки. Оскільки прогнозована кількість аварійних втрат нафти через дефектні отвори, що виявлені на початковій ділянці трубопроводу, найбільша, то необхідно коригувати тиски під час експлуатації промислових нафтопроводів із значним терміном експлуатації для попередження виникнення аварійних ситуацій.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати наукових досліджень, викладені у цій статті, можуть слугувати основою для порівняльного аналізу під час вирішення питань безпечної експлуатації об'єктів, пов'язаних з вуглеводневими енергоносіями, та забезпеченням охорони довкілля.

Література

1. Енергоекологічна безпека нафтогазових об'єктів / Р. М. Говдяк та ін. Івано-Франківськ: «Лілея НВ», 2007. 556 с.
2. Volodymyr Grudz, Andriy Zhdek, Vasyl Bolonnyy. Estimation of flow rate of oil loss as a result of damage of linear part of oil main. *Metallurgical and Mining Industry*. 2016. № 6. P. 75-78.
3. Кривенко Г. М., Кривенко О. В., Семчук Я. М., Ризики безпеки під час експлуатації промислових газопроводів. *Прикарпатський вісник НТШ. Число*. 2024. № 19 (69). С. 197-206.
4. Говдяк Р. М., Коснирив Н. М. Кількісний аналіз аварійного ризику газотранспортних об'єктів підвищеної безпеки. Львів: 2007. 158 с.
5. Стоєцький В. Ф., Дранишников Л. В. Прогнозування наслідків аварій на потенційно небезпечних виробничих об'єктах. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*. 2013. № 43. С. 114-122.
6. Костанян В. Р., Горобинський С. В. Визначення ризиків виникнення нештатних ситуацій на технологічних об'єктах газотранспортної системи. *Нафтова і газова промисловість*. 2011. №3. С. 50-53.
7. Galyna Kryvenko, Yaroslav Semchuk, Halyna Lialiuk-Viter, Ivan Steliga. Ensuring the Environmental Safety of the Oil Pipelines Operation. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*. 2019. Vol. 6, No. 3. P.483-492.
8. Абрамов Ю. О., Тютюник В. В., Шевченко Р. І. Моделювання процесу виникнення техногенної аварії на об'єктах підвищеної безпеки нафтогазової промисловості. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2006. № 3. С. 5-18.
9. Бабаджанова О. Ф., Павлюк Ю. Е, Сукач. Ю. Пожежонебезпечні аварійні виливи нафти з лінійної частини магістрального нафтопроводу. URL: www.nbu.gov.ua-2010.
10. Кривенко О. В., Чернова О. Т., Кривенко Г. М. Прогнозування аварійних ситуацій на промисловому трубопроводі. *CXXVIII Міжнародна інтернет-конференція «Сучасні аспекти розвитку науки та техніки в умовах війни»* 17 липня 2023 р. м. Одеса. 2023. С. 70-74.
11. Стоєцький В. Ф., Дранишников Л. В. Прогнозування наслідків аварій на потенційно небезпечних виробничих об'єктах. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*. 2013. № 43. С. 114-122.
12. Соловей В. В., Давидюк О. В., Буц Ю. В. Аналіз та оцінка ризику аварій – основа прийняття рішень при управлінні промисловою безпекою. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2006. № 4. С. 219-231.
13. M. Askari, M. Aliofkhaizraei та S. Afroukhteh. A comprehensive review on internal corrosion and cracking of oil and gas pipelines. *Journal of Natural Gas Science and Engineering* Volume 71, November 2019, 102971.
14. Jens Rosendal Valeur, Lars Wahl Andersen. Performance Standards for Oil Spill Risk. SPE-199532-MS. SPE International Conference and Exhibition on Health, Safety, Environment, and Sustainability. Bogota, Colombia, 17-19 March 2020.
15. Ricardo G. Suarez Suarez, Fabian Carranza Dumon, and Luis Serra Barragan, JohnMcCarthy and Dan McFadyen. A Zero Accident Strategy for Oil Pipelines: Enhancing HSE Performance. SPE-199537-MS. SPE International Conference and Exhibition on Health, Safety, Environment, and Sustainability. Bogota, Colombia, 17-19 March 2020.
16. Kryvenko G., Vozniak L. Forecast of gas mass flow rate in case of the industrial pipeline ruptures. *Journal of New Technologies in Environmental Science*. Multidisciplinary Scientific Edition. 2019. 3.vol. 2. 109-115.

Дата першого надходження статті до видання: 20.03.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 24.04.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026