

## КОМПЛЕКСНА МЕТОДИКА ФІЗИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ТРУБОПРОВОДУ В УМОВАХ ТРИВАЛОЇ ДІЇ АГРЕСИВНИХ СЕРЕДОВИЩ ІЗ ІМІТАЦІЄЮ РІЗКИХ АЦИКЛІЧНИХ ПЕРЕВАНТАЖЕНЬ

Л.Я. Побережний<sup>1</sup>, В.С. Цих<sup>1</sup>, А.В. Яворський<sup>1</sup>, Л.Я. Побережна<sup>2</sup>

(1) ІФНТУНГ, вул. Карпатська, 15, Івано-Франківськ, Україна

(2) ІФНМУ, вул. Галицька, 2, Івано-Франківськ, Україна

email: [lubomyrpoberezhny@gmail.com](mailto:lubomyrpoberezhny@gmail.com)

В процесі багаторічної експлуатації матеріал трубопроводу істотно змінює свої фізико-механічні властивості, що призводить до формування в конструкції трубопроводу складнопрогнозованого і важкоконтрольованого напружено-деформованого стану, дослідження якого представляють науковий та практичний інтерес. Важливого значення набуває створення перспективних методичних підходів, заснованих на моделюванні роботи елементів конструкції, забезпечуючи при цьому ефективний контроль стадійного процесу деформації та руйнування за визначальними параметрами.

Знайшла подальший розвиток автоматизована випробувальна система з ЕОМ (рис. 1), для комплексного дослідження в кінетиці деформації, руйнування та електродного потенціалу матеріалу трубопроводу [1], що включає установку МВ-1К (рис. 2) для випробовувань зразків-моделей, лабораторний комп'ютер, цифровий самописець для мостових датчиків фірми Mtech, пристрій для сканування поверхонь руйнування з подальшим опрацюванням отриманих цифрових відбитків у графічному редакторі з використанням комп'ютерної бази даних та металографічний мікроскоп Cole-Parmer A48405-25.

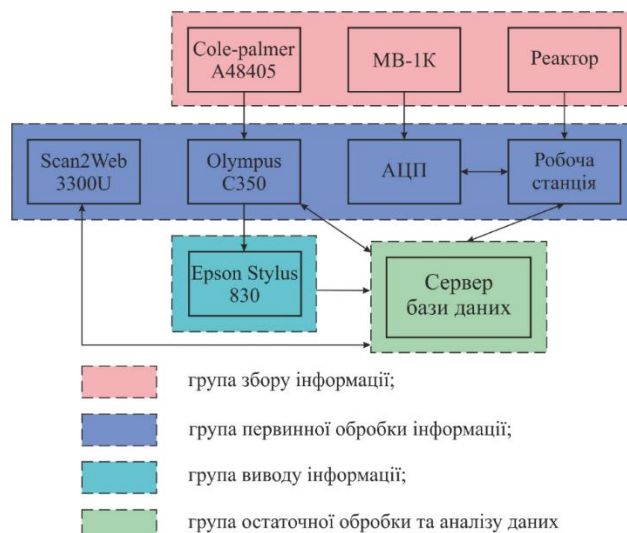


Рисунок 1 – Загальна схема лабораторного комплексу

Згідно розробленої методики:

- на першому етапі здійснюється докладний аналіз взаємодії системи „матеріал – конструкція – навантаження і впливи”;
- на другому – виготовляються зразки-моделі (рис. 3) з матеріалу визначених ділянок трубопроводу, або окремо взятих труб, з метою ефективного використання теорії структурної подібності;
- на третьому – вибираються схеми навантаження та режими випробовувань з метою досягнення на зразках-моделях, з попередньо визначеною конфігурацією, імітації роботи досліджуваного матеріалу в конструкції;
- на четвертому етапі проводять планування та реалізацію експерименту, основна мета якого – розкриття взаємозв'язку процесів деформації та руйнування трубопроводів, виходячи із основних положень механіки руйнування та трибофатики;
- на п'ятому етапі (проводиться за необхідності) вивчається вплив ациклічних короткотривалих навантажень (газогідратних пробок [2], перепадів тиску (гідроудару) та перевантажень (зсувів та просідань ґрунту) на довговічність та тріщинотривкість матеріалу труб;

- на шостому етапі проводиться фрактографічний аналіз зламів дослідних зразків на металографічному та електронному мікроскопах.

Методика забезпечує: статичне навантаження зразка-моделі за схемою чотириточкового згину та циклічне із симетричним циклом напружень при додатковому його обертанні, з частотою 0,1...1Гц; комбіноване статичне навантаження чистим; низькочастотне навантаження із заданим коефіцієнтом асиметрії циклу R; дослідження масштабного фактору, змінюючи довжину чи діаметр робочої частини зразка-моделі; вивчення впливу рідких робочих середовищ на поведінку матеріалу трубопроводу при вибраній схемі та заданих режимах навантаження, використовуючи знімну робочу камеру та аргентумхлоридний електрод порівняння; синтез газогідратів при експлуатаційних термобаричних умовах та наступні корозійні і корозійно-механічні випробовування в умовах утворення і впливу газогідратів; проведення порівняльних досліджень несучої здатності зразків-моделей зварного з'єднання та з концентраторами напружень при статичному та низькочастотному навантаженні у повітрі, морській воді, рідких нафтопродуктах тощо; проводити програмоване ациклічне перевантаження дослідних зразків; проводити квазівипадкове перевантаження (визначається лише діапазон часу перевантаження, а конкретний момент прикладення навантаження випадково генерується в його межах).

Також розроблено оригінальне програмне забезпечення, яке дозволяє, крім стандартних можливостей запису вимірюваних величин у файл та одночасної побудови графічних залежностей в режимі реального часу, регулювати частоту вимірів в залежності від швидкості зміни вимірюваного параметра. Це дозволяє якісно відстежити швидкоплинні процеси і, одночасно, не засмічувати вихідний файл записом великої кількості значень. Програма також забезпечує одночасне зняття даних з двох каналів (при необхідності легко перейти до чотириканальної схеми) з можливістю регулювання частоти вимірів для кожного каналу індивідуально.

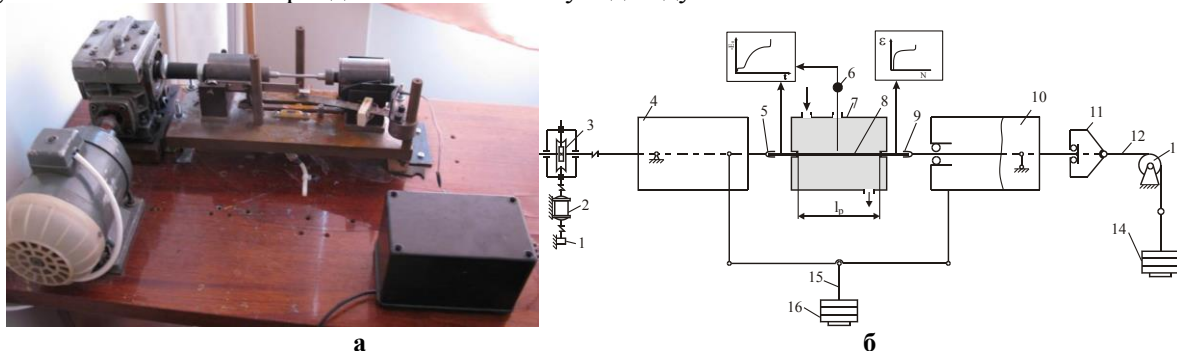


Рисунок 2 – Загальний вигляд (а) та схема (б) установки МВ-1К

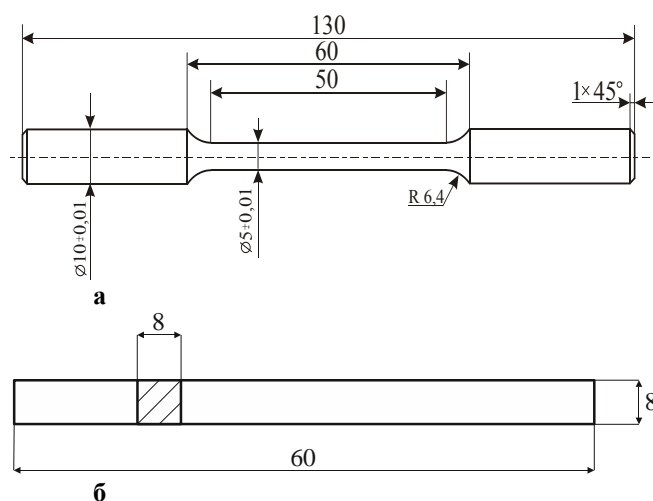


Рисунок 3 – Конструкції зразків для випробовувань на установці МВ-1К (а), для монтування в реактор для синтезу газових гідратів (б)

**Висновки:** Запропоновано та експериментально апробовано комплексну методику фізичного моделювання роботи матеріалу довгомірних конструкцій в умовах тривалої дії експлуатаційних середовищ. Впровадження практичних напрацювань, які базуються на розроблених методичних

підходах, забезпечить вчасне виявлення ділянок з підвищеною небезпекою аварійності та зменшить збитки шляхом попередження позаштатних ситуацій.

### Література

1. Крижанівський Є. І. Методологія дослідження деформації та руйнування трубопровідних систем / Є. І. Крижанівський, Л. Я. Побережний // Матеріали III міжнародної конференції „Механіка руйнування матеріалів і міцність конструкцій”. - Львів. - 2004. - С. 419-424.
- Побережний Л.Я. Вплив газогідратів на довговічність сталі трубопроводу / Л.Я. Побережний, А.В. Грицанчук, В.В. Грицанчук // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25.8. – С. 226-231.

УДК 621.643

## ВПЛИВ ТРИВАЛОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ГІДРАТОУТВОРЕННЯ НА ДОВГОВІЧНІСТЬ МАТЕРІАЛУ ШЛЕЙФІВ

*Л.Я. Побережний, А. В.Грицанчук, М.П. Мазур*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. Україна, 76019, Івано-Франківськ, Карпатська, 15, [mazur@nung.edu.ua](mailto:mazur@nung.edu.ua)*

З розвитком нафтогазової промисловості необхідно розв'язувати проблеми охорони навколишнього середовища, оскільки ґрунт, вода, повітря, які виступають безпосередніми факторами технологічного процесу, зазнають несприятливої трансформації, і тільки зниження або усунення негативних наслідків гарантує екологічну та економічну безпеку.

Закупорка газовими гідратами промислових газопроводів в осінньо-зимовий період завжди супроводжується сприятливими термодинамічними умовами середовища, високим тиском та низькою температурою транспортування. Газові гідрати утворюються при високому тиску і низькій температурі в результаті фізичного поєднання молекул води і деяких малих молекул рідких вуглеводнів, таких як метан, етан, пропан та мають льодоподібну форму з кристалічною решіткою характерною для твердих речовин. Для того щоб в газопроводах не утворювалися гідрати, вологість газу повинна бути мінімальною.

Метою роботи є дослідження впливу газових гідратів та тривалої експлуатації на довговічність матеріалу шлейфів газових свердловин.

Найбільше родовищ у Талалаївсько-Рибальському –46, Глинсько-Солохівському – 50 та Руденківсько-Пролетарському – 31 нафтогазоносному районах. У Антонівсько-Білоцерківському нафтогазоносному районі відомо два родовища, північного борту – 20. В газоносних районах: Рябухинсько-Північно-Голубівський – 15, Машівсько-Шебелинський – 18, Співаківський – 2, Кальміус-Бахмутський – 1, Красноріцький – 7 родовищ. На Монастирищенсько-Софіївському нафтоносному районі – 14 родовищ. На рис. 1 наведено розподіл існуючих родовищ Східного нафтогазоносного регіону.

Нами проведено аналіз температурного розподілу по регіону в цілому, та встановлено, що найтеплішою областю в східному регіоні виступає Луганська обл., а найхолоднішою – Сумська.

З урахуванням кількості родовищ по всіх областях було підраховано усереднену температуру повітря в році, що стосуються нафтогазових регіонів з найвищими ризиками утворення гідратних корків. З праці [1] випливає, що найвищі ризики розвитку процесів гідратоутворення зосереджені на родовищах Машівсько-Шебелинського, Північного борту та Глинсько-Солохівського нафтогазоносних районів. Тому, для поглибленого вивчення впливу дії газових гідратів та тривалої експлуатації визначимо ефективний коефіцієнт концентрації.

Для внутрішньотрубною корозії промислових трубопроводів характерною є значна локалізація корозійних процесів з утворенням корозійних пітів та виразок (рис. 2). Теоретичні і експериментальні дослідження показують, що в зоні різкої зміни форми пружного тіла (концентратора), тобто механічні пошкодження (каверни, тріщини, виточки, корозійні ураження), виникають підвищені напруження. Наявність концентраторів напруження суттєво впливає на процес