



**КРИЖАНІВСЬКИЙ**  
**Сьвстахій Іванович** — академік НАН України, доктор технічних наук, професор, радник ректора Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу

## ВІДНОВЛЕННЯ РОБОТОЗДАТНОСТІ ПОШКОДЖЕНИХ ОБ'ЄКТІВ ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ НАФТИ І ГАЗУ

Вельмишановний Анатолію Глібовичу!

Вельмишановні колеги та гості Загальних зборів!

Передусім хотів би зазначити, що доповідь президента Національної академії наук України є своєчасною та стратегічно важливою. В ній, зокрема, порушено питання енергетичної безпеки та «зеленого» переходу, які є надзвичайно актуальними в умовах сьогодення. Я підтримую пропозицію схвалити доповідь президента НАН України.

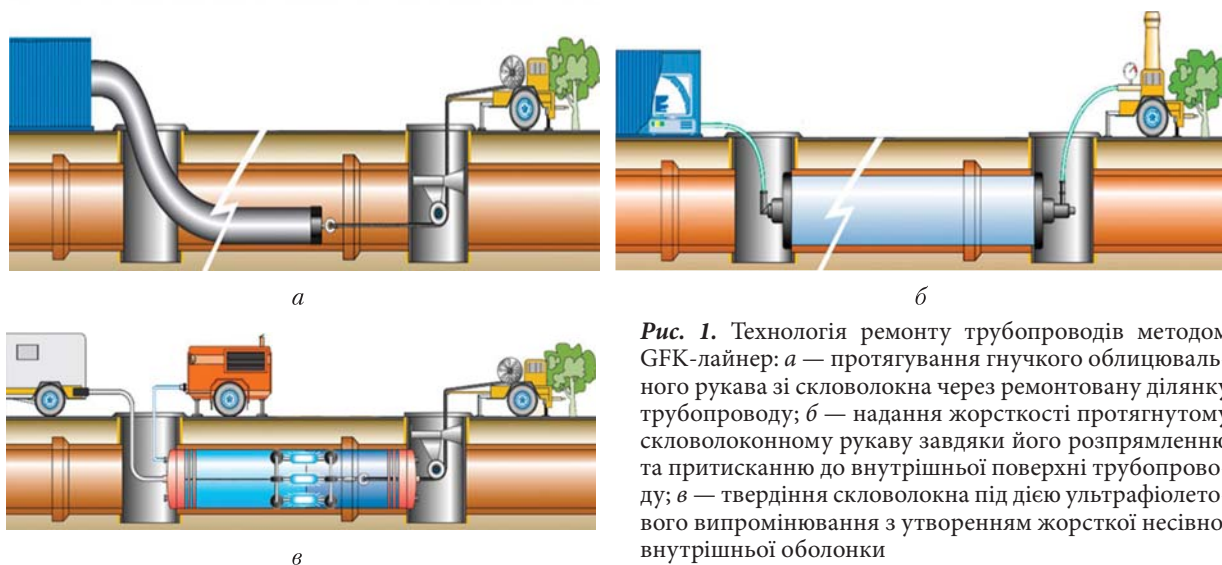
Система транспортування та зберігання нафти і газу є критично важливим елементом енергетичної безпеки держави. У разі пошкоджень об'єкти транспортування та зберігання нафти й газу є небезпечними для довкілля, насамперед через забруднення територій та викиди парникових газів, зокрема метану.

Пошкодження цих об'єктів можуть бути спричинені воєнними діями, корозією та деградацією матеріалів за тривалої експлуатації, природними аномаліями, зокрема зсувами. Масовані удари по об'єктах нафтогазової інфраструктури свідчать про наміри ворога підірвати енергетичну автономність України.

Більшість нафтогазопроводів в Україні експлуатується вже понад нормативний термін, що супроводжується деградацією фізико-механічних властивостей сталі та накопиченням корозійних і корозійно-втомних дефектів. Під час технічного діагностування в нафтогазопроводах зазвичай виявляють понад 6 тис. дефектів на кожні 100 км.

Ключову роль у руйнуванні тривало експлуатованих трубопроводів відіграє розвиток тріщин, ініційованих у корозійних дефектах, — вони поширюються вглиб стінки труби і можуть досягати критичних розмірів. Водень інтенсифікує ці процеси.

Оцінювання небезпеки руйнування здійснюють на основі підходів механіки руйнування з урахуванням ключових параметрів порогового та критичного значень коефіцієнтів інтенсивності напружень. При цьому обов'язково зважають на форму дефектів та їхні розміри.



**Рис. 1.** Технологія ремонту трубопроводів методом GFK-лайнера: *а* — протягування гнучкого облицювального рукава зі скловолокна через ремонтвану ділянку трубопроводу; *б* — надання жорсткості протягнутому скловолоконному рукаву завдяки його розпрямленню та притисканню до внутрішньої поверхні трубопроводу; *в* — твердіння скловолокна під дією ультрафіолетового випромінювання з утворенням жорсткої несівної внутрішньої оболонки

Отже, безаварійна експлуатація та забезпечення роботоздатності нафтогазопроводів є особливо актуальним завданням.

Визнаними світовими лідерами у вирішенні проблем забезпечення роботоздатності лінійної частини нафтогазопроводів є Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України та Фізико-механічний інститут імені Г.В. Карпенка НАН України. Однак у цьому короткому виступі я хотів би привернути увагу до результатів досліджень, виконаних в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу, які стосуються впливу природно-техногенних процесів на роботоздатність об'єктів транспортування та зберігання нафти і газу.

Відновити роботоздатність та подовжити терміни експлуатації магістральних трубопроводів, експлуатованих з дефектами, можна із застосуванням сучасних технологій ремонту. Є досить широкий спектр ефективних методів відновлення роботоздатності трубопроводів. Перспективними є внутрішньотрубні методи, які мають високу ефективність. Наприклад, метод GFK-лайнера, коли внутрішню поверхню відновлюваного трубопроводу армують композиційним полімерним матеріалом (рис. 1).

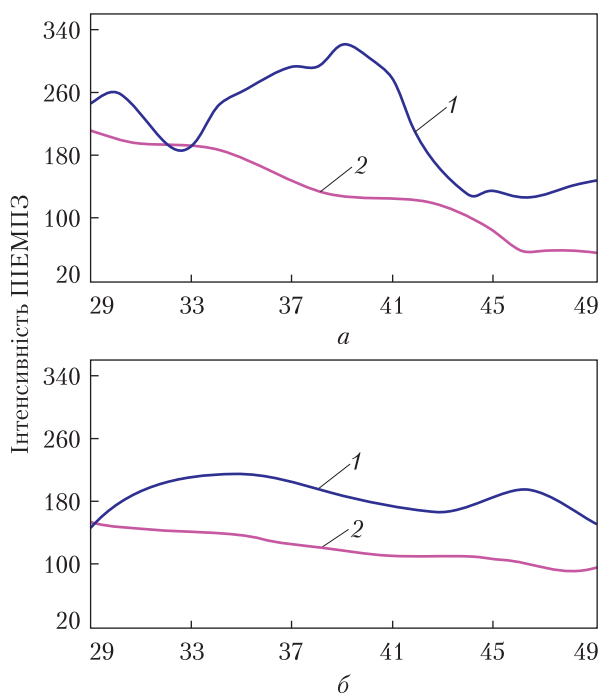
Значна частина об'єктів транспортування та зберігання нафти і газу в Україні розташована в природних зсувонебезпечних зонах. Під дією зсувів трубопроводи зазнають механічного впливу внаслідок переміщення гірських порід і ґрунтів, що може призводити до руйнування цих об'єктів (рис. 2).

Геологічні дані свідчать, що в останнє десятиліття в Карпатах та прилеглих прогинах зафіксовано близько 6 тис. зсувів, частина з яких територіально пов'язана з місцями розташування газосховищ, компресорних станцій і трубопроводів.

З метою прогнозування зсувів і запобігання аварійним руйнуванням встановлено закономірності ймовірності розвитку зсувів за комплексної дії природно-техногенних факторів. Так, ймовірність виникнення чи активізації зсувних процесів на місцевості визначається величиною інтегрального показника зсувної небезпеки, який розраховують на основі сукупності фактичних, прийнятих за еталонні, характеристик статистичних розподілів просторово-часових домінантних факторів активізації зсувних процесів у конкретному регіоні. Це дає можливість прогнозувати в просторі і часі активні зсувні процеси і сприяє надійній експлуатації об'єктів завдяки оптимальному



**Рис. 2.** Наслідки механічного впливу на трубопровід після зсуву



**Рис. 3.** Інтенсивність природних імпульсів електромагнітного поля Землі, що характеризує напружено-деформований стан підземного сховища газу на глибинах 60—100 м (а) та 600—800 м (б): 1 — незаповнене сховище; 2 — заповнене сховище

вибору місць їх розташування під час проектування, а також безпечній реалізації розвантажувальних та захисних заходів під час їх експлуатації.

Війна змусила змінити сценарії транспортування та зберігання енергоносіїв, зокрема при-

родного газу, в Україні. Для мінімізації наслідків ракетних атак зменшують заповнення підземних сховищ газу, знижують його тиск, що негативно впливає на роботоздатність таких об'єктів. Адже за низького тиску відбувається кольтатація і зниження проникності привибійної зони, що призводить до зростання гідралічного опору та зменшення продуктивності свердловин підземного сховища газу. В разі тривалого недозавантаження змінюється напружено-деформований стан покритки, можуть утворюватися або розкриватися тріщини, що підвищує ризик витоку газу.

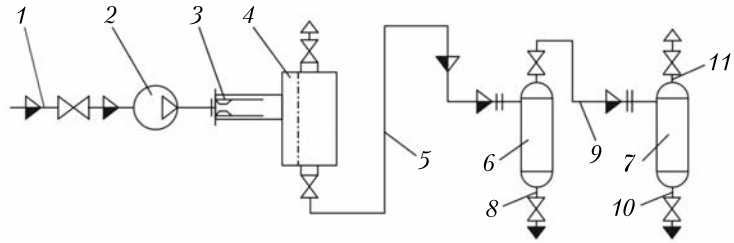
В університеті експериментально досліджено вплив тиску на напружено-деформований стан гірського масиву підземного сховища газу. Натурні випробування проводили на діючому підземному сховищі газу за різних рівнів його завантаження, тобто за різних значень тиску. Перші вимірювання виконували в червні, коли рівень заповнення сховища був мінімальним, а повторні — у грудні, за максимального рівня заповнення. Загалом було проведено понад 1100 замірів у різних точках сховища. Результати досліджень представлено у вигляді карт ізоліній середньої інтенсивності природних імпульсів електромагнітного поля Землі для поверхневих рівнів напружено-деформованого стану на глибинах 60—100 м, а також для глибинних рівнів на глибинах 600—800 м (рис. 3).

Зі зростанням внутрішнього тиску в підземному сховищі газу спостерігається зменшення амплітуди змін напружень як у глибинних, так і в поверхневих шарах гірського масиву. Це пояснюється тим, що підземне сховище сформовано на базі вже вичерпаного газового родовища, гірський масив якого до початку розробки перебував у природно врівноваженому стані. Видобуток газу порушив цю рівновагу і спричинив формування додаткових джерел механічних напружень у породі.

Натомість під час закачування газу до сховища відбувається поступове відновлення напружено-деформованого стану, який наближається до початкової рівноваги.

В умовах дефіциту природного газу перспективним напрямом є використання вуглекислого

**Рис. 4.** Функціональна схема установки для видалення рідини і механічних частинок із димового газу: 1 — вхід димового газу; 2 — компресор; 3 — сопло Лавалю; 4 — буферна камера; 5 — відвід газорідної суміші до сепараторів; 6, 7 — сепаратори; 8 — злив рідини з сепаратора першого ступеня; 9 — послідовне з'єднання сепараторів; 10 — злив рідини з сепаратора другого ступеня; 11 — відвід сухого очищеного газу



газу як технологічного агента для підтримання пластового тиску та забезпечення роботоздатності підземного сховища газу. Такий підхід дозволяє одночасно вирішити два важливих завдання: підтримувати функціонування підземного сховища газу як стратегічного об'єкта та забезпечити тимчасове зберігання вуглекислого газу з подальшою перспективою впровадження технологій низьковуглецевого переходу.

Джерелом вуглекислого газу можуть бути димові гази промислових підприємств зі значними обсягами викидів, зокрема цементного виробництва. Першим етапом підготовки газу є очищення димових газів від водяної пари і частинок. Для цього ми пропонуємо використовувати метод надзвукового дроселювання через сопло Лавалю. На рис. 4 наведено принципову схему установки, яку вже було апробовано в промислових умовах і яка показала досить високу ефективність.

Запропоновані методи відновлення роботоздатності об'єктів транспортування та зберігання нафти і газу сприяють підвищенню енергетичної безпеки та впровадженню технологій низьковуглецевого розвитку, що особливо важливо в контексті реалізації Європейського зеленого курсу.

Вуглекислий газ, який зберігається в підземних сховищах газу, можна потім використати для виробництва синтетичного палива із застосуванням «синього» водню, отриманого з малодобітних або відновлених після закриття свердловин. Крім того, цей вуглекислий газ доцільно використовувати для запобігання пожежам на нафтобазах, закачуючи його в резервуари з нафтою. В університеті розроблено також піногенератор на вуглекислому газі, призначений для ліквідації пожеж на відкритих промислах, а також для гасіння відкритих фонтанів.

Дякую за увагу!

Yevstakhii I. Kryzhaniv's'kyi

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6315-1277>

#### RESTORATION OF THE OPERATIONAL CAPACITY OF DAMAGED OIL AND GAS TRANSPORTATION AND STORAGE FACILITIES

Speech at the session of the General Meeting of the National Academy of Sciences of Ukraine, April 23, 2026

**Cite this article:** Kryzhaniv's'kyi Ye.I. Restoration of the operational capacity of damaged oil and gas transportation and storage facilities (speech at the session of the General Meeting of the National Academy of Sciences of Ukraine, April 23, 2026). *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.* 2026. (5): 40—43. <https://doi.org/10.15407/visn2026.05.040>