

## Фізико-технічні проблеми видобування енергоносіїв

УДК 622.276.5.054.3.004.6

### ДОСЛІДЖЕННЯ ТРУБ, ЩО ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ В СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПЛАСТОВОГО ТИСКУ

Т.М.Шинкар, Я. А. Криль

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15,  
тел. (03422) 42166; e-mail: kryl@nung.edu.ua

*Проводится исследование труб с имеющимися признаками разрушения, которые эксплуатировались в системах поддержки пластового давления. В частности установлено соответствие характеристик прочности материалов согласно данным нормативных документов. Получена закономерность влияния изменения твердости на разрушение материала трубы.*

*Research of pipes is conducted with the present signs of destruction, which was exploited in the systems of support of sustains bed's pressure. In particular accordance of descriptions of durability of materials is set in obedience to information of normative documents. The got regularities of hardness' change are in the area of destruction of pipe's material.*

Системи підтримки пластового тиску (ППТ) є сьогодні основним засобом для забезпечення видобування нафти свердловинами з низьким тиском нафти на вибої. Головними вимогами до труб у процесі експлуатації є їх безпека й довговічність. Проблема захисту металу труб впродовж усього терміну експлуатації є ключовою для подальшого розвитку технологій видобування нафти [1].

Руйнування труб призводить до втрат нафти, металу, а також забруднення навколишнього середовища. Залежно від умов тривалість експлуатації труб коливається в межах від 2-3 до 15-20 років. Але трапляються випадки, коли труби з товщиною стінки 9-10 мм витримують незначний термін експлуатації - не більше півроку. [2]

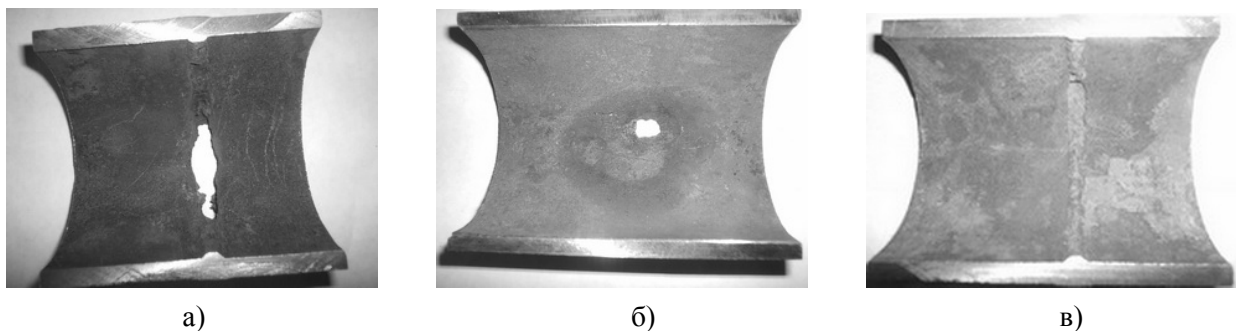
Одним з найбільш важливих завдань видобування і транспорту вуглеводнів є скорочення ризику виникнення аварійних ситуацій. Його розв'язання дозволить знизити безповоротні втрати нафти, поліпшити екологічну обстановку, запобігти руйнуванням інженерних споруд і забезпечити в такий спосіб оптимальне функціонування систем ППТ. Актуальність даної проблеми пов'язана з високою частотою відмов, що приводять у ряді випадків до катастрофічних наслідків. Надійність систем знижується в процесі експлуатації внаслідок нагромадження внутрішніх і зовнішніх ушкоджень, що підси-

люються при одночасному взаємоспряженому впливі на метал механічних напруг і корозійних середовищ, що проявляються на діючих об'єктах у виді корозійно-механічних руйнувань (КМР), і природного старіння комунікацій.

Осередок руйнування в системах ППТ може виникати на кінцевих ділянках або в інших зонах труби (основний метал, зварне з'єднання), на кільцевому монтажному шві й у зоні перетину монтажного й заводського швів. Звичайно в осередку руйнування є різного роду дефекти, які й служать ініціатором початку процесу локального деформування стінки з наступним наскрізним утворенням тріщини або розкриття кромки з наступним високошвидкісним поширенням тріщини. За рідкісним винятком осередок руйнування може не містити дефекти.

У роботі проведено дослідження взірців труб, які експлуатуються в системі ППТ НГВУ «Долина нафтогаз» і на яких мали місце характерні пориви у вигляді наскрізного руйнування в тілі труби (рис. 1,б), зварного шва (рис. 1,а), зменшення товщини поперечного перерізу зварного шва (рис. 1,в).

Взірці були вирізані з труби типорозміру 76х6 марки сталі 06Х1, які експлуатувалися у водному середовищі протягом 12 місяців в системі ППТ Волинського родовища (трубопровід КНС7-св.№258Д) і де мало місце наскрізне руйнування (рис. 1).



а) руйнування зварного шва на стику труб; б) руйнування тіла труби;  
в) нерівномірності поперечного перерізу зварного шва по контуру стику труб

**Рисунок 1 – Вплив агресивного середовища на труби ПШТ**

**Таблиця 1 – Результати досліджень механічних характеристик металу труб**

№ вз.	a <sub>0</sub> /b <sub>0</sub> , мм	F <sub>0</sub> , мм <sup>2</sup>	a <sub>k</sub> /b <sub>k</sub> , мм	F <sub>k</sub> , мм <sup>2</sup>	P <sub>max</sub> , Н	σ <sub>в</sub> , МПа	P <sub>0,2</sub> , Н	σ <sub>0,2</sub> , МПа
1	9,5/ 14,5	138	7,5/ 10,0	75,0	54400	395	37000	247
2	10,0/ 14,0	140	7,8/ 9,8	76,4	55400	396	37000	242
3	9,7/ 14,2	138	8,0/ 10,0	80,0	54800	397	37500	234
4	8,9/ 14,4	128	7,8/ 10,0	78,0	52800	412	37500	240
<b>ТУ</b>	-	-	-	-	-	<b>410</b>	-	<b>245</b>

Труби зі сталі 06Х1 – безшовні гарячекатані нафтогазопровідні підвищеної корозійної стійкості виготовляються на ЗАО НЗСТ «ЮТНСТ» (м. Нікополь) відповідно до ТУ 14-8-44-2001.

Механічні характеристики матеріалу труб регламентуються цими ж технічними умовами, а також ТУ 1381-159-0147016-01. Так, для марки сталі 06Х1 групи міцності К42:

- межа міцності  $\sigma_B=410$  МПа;
- межа плинності  $\sigma_T=245$  МПа.

Випробовування взірців проводили на розривній машині УММ-50 у відповідності з ГОСТ 1497-84.

Порівнявши дані дослідження (табл. 1) на визначення механічних характеристик з регламентними даними нормативних документів (ТУ) встановлено, що величини меж міцності і текучості для взірців труб, які піддавались дослідженню, відповідають вимогам нормативних документів.

Проведено дослідження зміни твердості у дефектних зонах, пов'язаних з місцевим руйнуванням. Для цього з даних труб було взято взірці по довжині труби товщиною 15 мм. Твердість за Роквеллом визначалася через відповідні проміжки, причому у тих випадках, де мав місце шов, середина шва була позначена за 0 (рис. 2). Для безшовного зразка за 0 взято початок взірця (рис. 3).

Величини твердості, отримані в результаті досліджень, відповідають середнім показникам твердості для відповідної марки сталі і вищі в зоні зварного шва, що свідчить про зварювання стиків труб більш твердими матеріалами або зміною структури у зоні термічного впливу.

Дослідження механічних характеристик матеріалу в зоні прориву, а також фотометричне обстеження зі збільшенням зони руйнування показали, що у даному випадку має місце інтенсивне абразивно-ерозійне зношування. Про це свідчить зменшення діаметральних розмірів тіла труби, а також глибокі рискові канавки зі збільшеними розмірами в нижній частині труби. Осередками виникнення такого виду зношування, як бачимо з результатів досліджень, для випадків а) і в) є більш твердий матеріал зварного шва, що стало причиною виникнення пошкодження матеріалу, причому більший різниці твердості матеріалу труби і матеріалу зварного шва відповідає більше за розміром пошкодження (рис. 1,а), а менший, відповідно, менше (рис. 1,в). Щодо виникнення пошкодження в тілі труби, воно викликане неоднорідністю матеріалу (максимум твердості знаходиться на лінії одного поперечного перерізу з руйнуванням тіла труби), а відповідно і в даному перерізі найбільша ймовірність зародження дефектів.

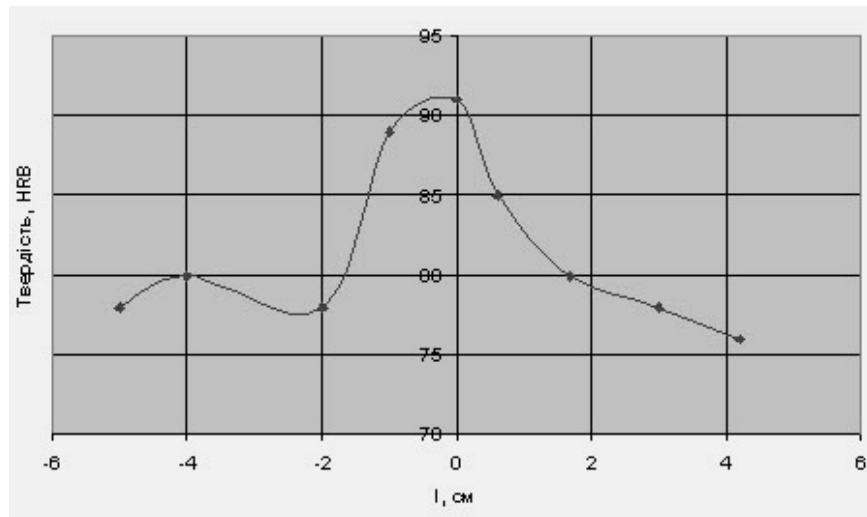


Рисунок 2 – Зміна твердості по довжині зразка з наскрізним руйнуванням зварного шва

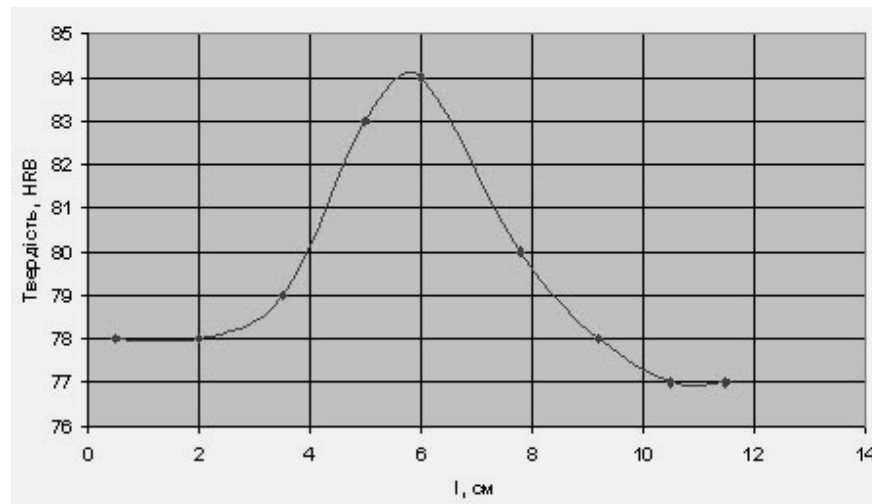


Рисунок 3 – Зміна твердості по довжині зразка з руйнуванням в тілі труби

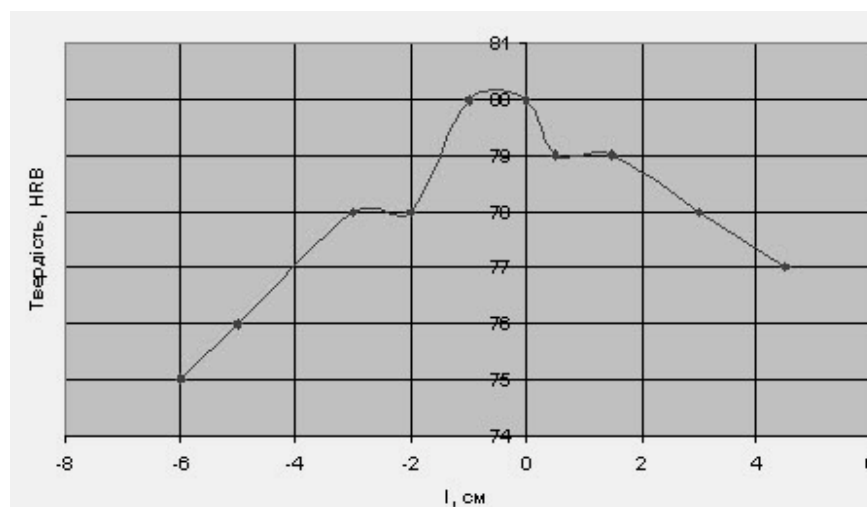


Рисунок 4 – Зміна твердості по довжині зразка з нерівномірностями поперечного перерізу зварного шва

Виникнення розривів тіла труби пов'язано з дією гравіметричних сил на завислі механічні частинки. Причиною такого інтенсивного зношування матеріалу труби є наявність в транспортуючому середовищі великої кількості механічних включень (піску, кристалів солей тощо). Фактор інтенсивного ерозійно-абразивного зношування в поєднанні з високим тиском транспортуючого середовища (1,4-1,75 МПа) є визначальним у виникненні кратерних наскрізних руйнувань тіла трубопроводів.

Під час експлуатації на системи ППТ діють як тривалі статичні, так і повторно-змінні (малоциклові) та імпульсні навантаження. Крім того, вони часто піддаються дії агресивних середовищ. Все це призводить до зміни структури й властивостей металів трубопроводів. Зокрема, після тривалої експлуатації виявлено розвиток деформаційного старіння [3, С.24]. Однак ці процеси вивчені ще недостатньо. У той же час їх варто враховувати під час прогнозування ресурсу роботи трубопроводів.

На даному етапі проблема вивчення деградаційних процесів під дією імпульсних навантажень є важливою з точки зору визначення причин експлуатаційних руйнувань матеріалів продуктопроводів, з'ясування сумарного впливу чинників агресивного середовища та імпульсних тисків на втомні та механічні характеристики матеріалів трубопроводів та зон зварювання труб. Це дасть змогу оцінити перспективи використання альтернативних марок сталей у трубах, що працюють в умовах підвищених вимог.

### *Література*

1 Иванов Е.А. Обеспечение промышленной безопасности функционирования объектов магистральных трубопроводов / Е.А.Иванов, С.Н.Мокроусов // Безопасность труда в промышленности. – 2001. – № 8. – С. 23-24.

2 Тычкин И.А. Обеспечение эффективной противокоррозионной защиты и диагностики коррозии с использованием систем коррозионного мониторинга: Мат. отрасл. совещ. "Современные методы, обеспечивающие эффективную защиту от коррозии с использованием коррозионного мониторинга". – М.: ИРЦ Газпром, 2000. – С. 7-10.

3 Ямалеев К.М. Старение металла труб в процессе эксплуатации трубопроводов / К.М.Ямалеев. – М.: ВНИИОЭНГ, 1990. – 64 с.