

# ВНЕСОК НВФ «ЗОНД» У ВИРІШЕННЯ ОСНОВНИХ ЗАВДАНЬ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ОБ'ЄКТІВ НАФТОГАЗОВОГО КОМПЛЕКСУ

О. М. КАРПАШ, д-р техн. наук, Я. М. ЗІНЧАК, М. О. КАРПАШ, І. І. ЦЮЦЯК, канд. техн. наук  
(Івано-Франків. нац. ун-т нафти і газу)

*Розглядаються актуальні питання технічної діагностики в нафтогазовій промисловості. Висвітлено основні технічні засоби та приведено нормативні документи.*

*Burning problems of technical diagnostics are considered. General technical means and normative documents are outlined.*

Аналіз аварій і надзвичайних ситуацій техногенного характеру в Україні за останні роки показав, що майже у половині випадків причини їх виникнення мають технічний характер (незадовільний технічний стан споруд, конструкцій, обладнання та інженерних мереж, їх значна зношеність, яка має тенденцію до зростання, припинення їх оновлення) [1]. Сьогодні ми знаходимось у ситуації, коли зниження показників експлуатаційної надійності устаткування перейшло критичну межу. Процес забезпечення безвідмовності функціонування є особливо актуальним для об'єктів підвищеної небезпеки.

Не є виключенням і нафтогазова промисловість. Внаслідок аварій нафтогазовий сектор економіки несе великі втрати через смертність людей та погіршення їх стану здоров'я; руйнування та пошкодження основних фондів виробничого та невиробничого призначення, знищення майна; екологічні наслідки аварій (забруднення довкілля, знищення сільськогосподарських угідь, погіршення якості рекреаційних ресурсів); недовироблення вуглеводнів внаслідок припинення процесів видобування, транспортування чи перероблення.

Незважаючи на те, що керівництво нафтогазовою промисловістю, захищаючись від загроз виникнення аварій, проводить ряд заходів (управлінських, організаційних, правових, технічних, науково-методологічних), тенденція збільшення кількості аварій свідчить про недосконалість стратегії прийнятих рішень.

Через економічні причини основним підходом, прийнятим в Україні, є не оновлення споруд, конструкцій, обладнання та інженерних мереж, а управління експлуатаційним строком їх надійного та безпечного використання шляхом визначення залишкового ресурсу і встановлення нових строків експлуатації, що перевищують проектні.

На наукові установи покладається відповідальність за забезпечення безаварійної роботи

згаданих вище об'єктів в частині розроблення методичних основ оцінки залишкового ресурсу та встановлення нових термінів.

Українські наукові організації тривалий час займаються проблемами надійності техніки. Можна виділити чотири основних напрямки наукових досліджень [2]:

- підвищення надійності і довговічності матеріалів, машин та конструкцій;
- підвищення експлуатаційної надійності енергетичного устаткування електро- та атомних станцій;
- підвищення надійності трубопровідних систем;
- підвищення надійності функціонування складних систем.

Принаймні три з зазначених напрямків стосуються нафтогазової промисловості.

У зв'язку з тим, що Україна є транзитною державою з транспортування вуглеводнів із сходу на захід та враховуючи наявність постійних політичних конфліктів з Росією, особливого значення має напрям досліджень підвищення надійності трубопровідних систем.

Переважна кількість робіт цього напрямку стосується методів і систем технічної діагностики магістральних трубопроводів та обладнання компресорних станцій.

Ці роботи проводяться науковцями і стосовно інших об'єктів підвищеної небезпеки, перелік яких визначений Постановою Кабінету Міністрів України від 15.10.2003 р. № 1631.

До таких об'єктів в тому числі відносяться наступні об'єкти нафтогазової промисловості [3]:

- обладнання основних виробництв нафтогазовидобувної та нафтопереробної промисловості;
- обладнання лінійної частини магістральних газопроводів, нафтопроводів та технологічне обладнання, яке використовується при їх експлуатації;

– лінійні частини газопроводів систем газопостачання природних і зріджених газів, споруди на них та газокористувальне обладнання.

Кожна держава повинна мати важелі забезпечення безпечної експлуатації споруд, конструкцій, устаткування та інженерних мереж. До них належить [4]: державна стандартизація; державна експертиза; технічне діагностування; державне ліцензування; декларування безпеки потенційно-небезпечних об'єктів та їх страхування.

Тільки у поєднанні і правильному застосуванні перелічених важелів можливе значне зниження ризиків виникнення аварійних ситуацій. На жаль, в Україні відсутні законодавчі документи, які вибудовували б струнку систему поєднань цих важелів на всіх життєвих циклах техногенних об'єктів, а саме: у процесі проектування, виготовлення, експлуатації, ремонту та утилізації [5].

У цій статті розглядається один із важелів запобігання виникнення аварійних ситуацій — технічна діагностика. Для технічного діагностування використовують широкий спектр різноманітних методів дослідження і контролю (неруйнівний контроль, руйнівний контроль, інженерні розрахунки, дослідження стану довкілля, ґрунтів, повітря тощо).

Основним предметом дослідження неруйнівного контролю є дефекти матеріалів і конструкцій, які за несприятливих умов навантаження і експлуатації призводять до руйнування конструкцій, відмов устаткування та аварій. Дефекти мають певну природу. Їх можна класифікувати як дефекти проектування, виготовлення, будівництва, монтажу та експлуатації.

Ідеологія технічної діагностики полягає у виявленні дефектів, визначенні їх параметрів, аналізі їх критичності, застосуванні процедур усунення дефектів, ремонті і оновленні устаткування.

Отже, технічна діагностика є практичним інструментом вироблення інформації, на основі якої можуть розраховуватися показники надійності окремих конструктивних елементів і рівні ризиків складних технічних систем.

Основне завдання технічної діагностики — оцінка залишкового ресурсу об'єктів, що експлуатуються.

Як показує світова практика, для того, щоб розрахувати залишковий ресурс, наприклад, магістрального трубопроводу, необхідно мати як мінімум 34...37 параметрів, в тому числі дані про виявлений дефект та властивості матеріалу у зоні дефекту.

Якщо з технічними засобами і технологіями виявлення дефектів типу порушення суцільності матеріалу та вимірюванням геометричних характеристик більш-менш усе гаразд, то в контролі фізико-механічних, на наш погляд, є певна невиз-

наченість, у першу чергу, через недостатню обґрунтованість і розуміння що, як і коли необхідно вимірювати.

Найбільш підступною причиною раптових руйнувань об'єктів є внутрішні залишкові напруження, що виникають у конструкції, окремій деталі. Такі напруження в сталях можуть досягати межі текучості і часто виявляються більш небезпечними до зменшення міцності, ніж інші типи дефектів.

Тому міцність, надійність та готовність конструкції для використання за експлуатаційним призначенням переважно визначається наявністю, характером та величиною робочих (векторна сума технологічних, навантажувальних та експлуатаційних напружень) і фактичних внутрішніх напружень.

Слід зазначити, що для одержання достовірних результатів розрахунку залишкового ресурсу міцності об'єктів тривалої експлуатації необхідно в першу чергу знати фактичні механічні характеристики матеріалу, без чого немає змісту визначати абсолютні величини внутрішніх напружень, бо їх нема з чим порівнювати. Як правило, на вирішення даного завдання направлено більшість існуючих засобів контролю напружено-деформованого стану. У таких випадках більш коректно говорити про якісні зміни поля напружень. Окрім того, необхідно знати і характеристики напружено-деформованого стану, що виник до певного часу експлуатації.

Це є головним не тільки в оцінці статичної міцності об'єкта, але й визначальним у вивченні та оцінці утомної міцності у зв'язку з локальним характером руйнування та його сильній залежності від фактичного напружено-деформованого стану матеріалу.

Також однією з причин руйнувань конструкцій може бути деградація матеріалу в процесі тривалої експлуатації.

Під час вирішення проблеми надійності об'єктів відповідного призначення послідовно виникають наступні завдання: визначення залишкових напружень; визначення характеру внутрішніх напружень та значень їх складових; визначення фактичних механічних характеристик матеріалів і характеристик матеріалів та характеристик напружено-деформованого стану.

На наш погляд це основні завдання, які необхідно вирішувати як у технічному, так і технологічному (методичному) плані.

Також вкрай важливим є формування єдиної організаційної структури управління процесом технічного діагностування.

Акцентуючи увагу на вдосконаленні в Україні діяльності із попередження аварійних ситуацій, необхідно відзначити, що практично вся діяльність покладена на Держгірпромнагляд України, який тримає у своїх руках важелі безпосереднього управління та регулювання. Адже технічне посвід-

чення, технічне діагностування, експертиза проєктів нової техніки і технологій, реєстрація та технічний огляд технологічного транспорту, навчання спеціалістів — це ті елементи державного нагляду і контролю, від яких залежить рівень безпеки і безаварійності промислових об'єктів.

У цьому напрямку Держгірпромнаглядом України підготовлено ряд законодавчих документів. Зокрема врегульована підготовка та сертифікація фахівців з неруйнівного контролю (НПАОП 0.00-1.27-97, НПАОП 0.00-8.14-97) [6, 7]. Постановою КМ України від 26.05.2004 № 687 затверджено НПАОП 0.00-6.18-04 «Порядок проведення огляду, випробування та експертного обстеження (технічного діагностування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки» [8]. Однак в останньому документі є ряд суперечливих положень, крім того, на практиці не виконуються усі його вимоги. Зокрема, технічне діагностування устаткування проводиться власником цього устаткування, що суперечить п.4 цього документу та загальноприйнятій світовій практиці, а це призводить до суб'єктивності та недостовірності результатів технічного діагностування.

На покращення наукового підґрунтя забезпечення надійності і безпечної експлуатації споруд, конструкцій, устаткування та інженерних мереж призвана Державна науково-технічна програма «Ресурс» [9], яка затверджена постановою КМ України від 08.10.2004 р. № 1331. Програма націлена також на вирішення проблем продовження залишкового ресурсу, що особливо актуально в умовах значної зношеності основних виробничих фондів. Програма охоплює такі важливі наукові напрями, як розроблення теорії наукових основ нормування безпеки, методів, критеріїв та правил розрахунку нормативного ресурсу об'єктів довготривалої експлуатації, створення методології єдиної системи надійності і безпечного стану конструкцій, споруд та інженерних мереж, розроблення методології створення державного реєстру небезпечних об'єктів та систем моніторингу їх технічного стану.

Фінансування виконання Програми незначними коштами проводилось впродовж 2005–2007 років. При мізерному фінансуванні і в такі короткі терміни неможливо виконати усі завдання Програми. Очевидно, що вона розглядається, певним чином, як підготовчий етап, оскільки її першочерговим завданням є визначення пріоритетних напрямів і завдань відповідних наукових досліджень. Без подальшого фінансування, що спостерігається сьогодні, кінцевого результату не буде досягнуто. На наш погляд подальше фінансування повинні взяти на себе галузеві інституції.

Технічна діагностика є комплексною, наукоємкою і міждисциплінарною галуззю. Вона спирається на результати багатьох фундаментальних досліджень. Саме тому при проведенні технічного

діагностування не слід відкидати людський фактор. Достовірність результатів технічного діагностування не можна вважати однозначною без врахування того, яка кваліфікація фахівців і в яких умовах проведено діагностування. Людський фактор проявляється як в організації огляду і контролю, так і в інтерпретації результатів контролю, діагностування та прийняття на їх основі рішень. Одним із завдань програми «Ресурс» є створення єдиної системи підготовки, підвищення кваліфікації та атестації фахівців з питань забезпечення надійності та безпечної експлуатації споруд, обладнання та інженерних споруд, оцінки та діагностики технічного стану об'єктів.

У цілому методологічна основа технічного діагностування повинна відповідати вимогам Міждержавного стандарту ГОСТ 27-310-95 [10]. Вона полягає у наступному:

- виявлення можливих видів відмов складових частин і об'єкта в цілому, вивчення їх причин і умов виникнення та розвитку;
- визначення можливих несприятливих наслідків виявлених відмов, проведенні якісного аналізу вагомості наслідків відмов або кількісної оцінки їх критичності;
- складання і періодичне коригування переліку критичних елементів та технологічних процесів;
- оцінювання достатності передбачених засобів і методів контролю здатності до функціонування і діагностування об'єкту для своєчасного виявлення і локалізації його відмов, обґрунтування необхідності введення додаткових засобів і методів сигналізації, контролю і діагностування;
- розробка пропозицій і рекомендацій щодо змін конструкційних елементів або технологічних процесів, спрямованих на зменшення імовірності і вагомості наслідків відмов, оцінювання ефективності раніше виконаних доопрацювань.
- оцінювання достатності у системі технологічності обслуговування контрольно-діагностичних і профілактичних процедур, спрямованих на попередження відмов під час експлуатації, внесення пропозицій щодо коригування методів і періодичності технічного обслуговування;
- аналіз правил поведінки персоналу в аварійних ситуаціях, передбачених експлуатаційною документацією, внесення пропозицій з їх вдосконалення;
- аналіз можливих помилок персоналу під час експлуатації, технічного обслуговування і ремонту, оцінювання їх можливих наслідків. Внесення пропозицій з вдосконалення додаткових засобів захисту від помилок персоналу.

Така методологічна основа повинна сприяти значному скороченню відмов та аварійних ситуацій.

Неруйнівний контроль та технічна діагностика об'єктів нафтогазової промисловості беруть початок у 1960-х роках в м. Івано-Франківську. Цьому слугувало завдання трьох міністерств СРСР

(Мінгео, Мінгазпром, Міннафтопром) розробити технічні засоби і методики виявлення дефектів у різьбовій частині бурильних труб, коли у процесі буріння глибоких свердловин нафтогазові підприємства терпіли великі економічні втрати через аварії з бурильними колонами. Наукові дослідження проводилися у ЦНДЛ ВО «Укрнафта», потім в СКТБ «Надра» ІФНТУНГ та Івано-Франківському філіалі Всесоюзного науково-дослідного інституту розробки та експлуатації нафтопромислових труб. Ці дослідження закінчилися успішно і були втілені у пересувній дефектоскопічній лабораторії ПДУ-1М.

Згодом науковий потенціал цього напрямку зосередився у Науково-виробничій фірмі «Зонд», яка у 2010 р. відзначає свій 20-річний ювілей. Наказом Держнафтогазпрому № 125 від 12.10.1995 р. фірма «Зонд» призначена головною організацією з розроблення, виготовлення та впровадження технічних засобів і технологій неруйнівного контролю та технічної діагностики нафтогазпромислового обладнання та інструменту. Цим же наказом на фірму покладено обов'язки вирішення всіх питань технічного і методичного забезпечення та підготовки та атестації дефектоскопістів для галузі [11].

Своїми розробками, науковими публікаціями та послугами фірма добре відома як в Україні, так і за кордоном. За розроблення, виготовлення та впровадження технічних засобів і технологій технічного діагностування об'єктів нафтогазової промисловості ряд фахівців фірми стали лауреатами Державної премії України в галузі науки і техніки [12].

Сьогодні підприємства нафтогазового комплексу озброєні розробленими на фірмі рядом спеціалізованих технічних засобів та технологій, які дозволяють на сучасному рівні проводити технічне діагностування обладнання, інструменту та інженерних мереж.

До них можна віднести:

Технічні засоби: ряд переносних дефектоскопічних установок типу «Зонд»; комп'ютеризовані пересувні лабораторії неруйнівного контролю «ПЛНК-1», «ПЛНК-2», «ПЛНК-9»; пересувний комп'ютеризований комплекс для безконтактного контролю насосно-компресорних труб «Магніскан-2К»; комп'ютеризований стаціонарний комплекс для неруйнівного контролю нафтопромислових труб «Зонд-СОТ»; комп'ютеризована стаціонарна установка для контролю поліетиленових труб в процесі їх виробництва «ПОЛІМЕР-4К»; ультразвуковий прилад для контролю величини корозійної зношеності і визначення залишкової товщини стінки труб і виробів з плоскою поверхнею «КТУ-1»; прилад для визначення фізико-механічних характеристик і сортування за групами міцності сталених бурильних і насосно-компресорних труб «СІГМА 10.1»; тра-

сошувач «ПКі-1», «ПОШУК-1» для виявлення підземних інженерних мереж (сталевих та пластмасових труб, електрокабелів); сканери типу «ГНОМ»; п'єзоелектричні перетворювачі для ультразвукового контролю труб нафтового сортаменту та нафтогазпромислового устаткування.

Нормативні документи:

НВФ «Зонд» у співпраці з академічними та галузевими науково-дослідними установами для нафтогазової галузі розроблено та впроваджено 18 нормативних документів [13–30].

НВФ «Зонд» також надає послуги підприємствам галузі з технічного діагностування нафтогазпромислового устаткування та інструменту. У 2010 р. вона отримала статус уповноваженої організації Держгірпромнагляду України (Наказ Держгірпромнагляду України від 15.03.2010 р. № 59).

На фірмі функціонує акредитована Національним агентством з акредитації України випробувальна лабораторія, яка проводить сертифікаційні випробування нафтогазпромислового устаткування та інструменту (Атестат акредитації від 18.10.2010 р. № 2Е593).

Діяльність НВФ «Зонд» з 1999 р. регулюється сертифікованою на відповідність вимогам стандартів серії ДСТУ ISO 9000 системою управління якістю (сертифікат на систему управління якістю від 15.07.2007 р. № UA2.047.02631–07).

За 2004–2010 роки фахівцями фірми на підприємствах нафтогазового комплексу продіагностовано:

бурових веж — 294 од.;

фонтанних запірних арматур та колонних голловок — 1210 од.;

посудин, що працюють під тиском — 516 од.;

спецтехніки та вантажо-підіймального обладнання — 283 од.;

верстатів-качалок — 83 од.;

компресорних установок — 5 од.

## Висновки

1. Технічна діагностика є комплексною, наукоємною і міждисциплінарною наукою і є важливим важелем забезпечення надійної експлуатації об'єктів нафтогазового комплексу.

2. Технічна діагностика є інструментарієм, який подає інформацію, на базі якої розраховуються показники надійності, залишкового ресурсу і рівні ризиків нафтогазпромислових об'єктів.

3. Результати технічного діагностування будуть вагомішими при значній увазі до його розвитку зі сторони керівництва галузі, яке повинно забезпечити розроблення нормативно-методичних документів та сприяння науковим дослідженням, розвитку сучасної матеріально-технічної бази.

4. Важливий внесок у розвиток технічної діагностики зробила Науково-виробнича фірма «Зонд».

1. *Розпорядження* Кабінету Міністрів України від 11 червня 2003 р. № 351-р «Про схвалення Концепції Державної програми забезпечення технологічної безпеки в основних галузях економіки».
2. *Звітні матеріали* про роботу Міністерства освіти і науки України в сфері науково-технічної та інноваційної діяльності за 2000 р. — Київ: Міносвіти України, 2001.
3. *Постанова* Кабінету Міністрів України від 15 жовтня 2003 р. № 1631 «Про затвердження переліку об'єктів, машин, механізмів підвищеної безпеки».
4. *Указ* Президента України від 26.03.1999 р. № 284/99 «Про концепцію захисту населення і територій у разі загрози виникнення надзвичайних ситуацій».
5. *Буравльов С. П., Гетьман В. В.* Управління технологічною безпекою України. — Київ: Інститут проблем національної безпеки, 2006. — 248 с.
6. *НПАОП 0.00-1.27-97.* Правила атестації фахівців з неруйнівного контролю.
7. *НПАОП 0.00-8.14-97.* Порядок сертифікації персоналу з неруйнівного контролю.
8. *НПАОП 0.00-6.18-04.* Порядок проведення огляду, випробування та експертного обстеження (технічного діагностування) машин, механізмів, устаткування підвищеної безпеки.
9. Державна науково-технічна програма «Ресурс», затверджена Постановою Кабінету Міністрів України від 08.10.2004 р. № 1331.
10. *ГОСТ 27.310-95.* Межгосударственный стандарт. Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения.
11. *Наказ «Держнафтогазпрому»* від 12.10.1995 р. № 1103/2006 «Про організацію робіт з неруйнівного контролю та технічної діагностики».
12. *Наказ* Президента України від 20.10.2006 р. № 1103/2006 «Про присудження Державних премій України в галузі науки і техніки 2006 р.»
13. *ДСТУ 4001-2000.* Зварні шви по сталі. Еталонний зразок для калібрування при ультразвуковому контролі.
14. *ДСТУ 4002-2000.* Зварні шви по сталі. Еталонний зразок № 2 для ультразвукового контролю зварних швів.
15. *ГСТУ 320.02829777.001-95.* Положення про службу неруйнівного контролю в нафтовій і газовій галузях. — Київ: Держнафтогазпром України, 1996.
16. *ГСТУ 320.02829777.002-95.* Інструкція по проведенню неруйнівного контролю нарізних труб нафтового сортаменту в процесі їх експлуатації. — Держнафтогазпром України, 1996.
17. *ГСТУ 320.02829777.013-99.* Рекомендації про проведення неруйнівного контролю бурового обладнання. — Міністерство енергетики України, 2000.
18. *ГСТУ 320.02829777.014-99.* Неруйнівний контроль та оцінка технічного стану металоконструкцій бурових веж у розібраному і зібраному станах. — Міністерство енергетики України, 2000.
19. *СТП 320.00135390.066-2002.* Діагностування фонтанних арматур, колонних головок та іншого гирлового обладнання. — Затв. наказом ВАТ «Укрнафта» № 89 від 24.03.2003.
20. *СТП 320.00135390.067.* Оцінка технічного стану вежових підйомників для збирання баштових веж (ПВК-1, ПВУ-35, ПВ2-45, ПВ-5-60, ПВЛ) та механізмів підймання щоглових веж (МПВ, МПВА). — Затв. наказом ВАТ «Укрнафта» № 247 від 30.09.2003.
21. *СТП 320.00135390.068.* Оцінка фактичного технічного стану основ бурових веж — Затв. наказом ВАТ «Укрнафта» № 248 від 30.09.2003.
22. *СТП 320.00135390.069-2002.* Методика технічного діагностування для продовження терміну експлуатації відомортизованого обладнання для видобутку нафти і газу. — Затв. наказом ВАТ «Укрнафта» № 138 від 13.05.2003.
23. *СТП 320.00135390.070-2001.* Методики технічного діагностування для продовження терміну експлуатації технологічного транспорту та спецтехніки. — Затв. наказом ВАТ «Укрнафта» № 138 від 13.05.2003.
24. *СТП 320.00135390.071-2002.* Методика технічного діагностування для продовження терміну експлуатації відомортизованого обладнання для ремонту свердловин. — Затв. наказом ВАТ «Укрнафта» № 216 від 26.08.2003.
25. *СОУ 60.3-30019801-007:2004.* Магістральні газопроводи. Неруйнівний контроль при капітальному ремонті. — Затв. наказом ДК «Укртрансгаз» № 255 від 10.08.2004.
26. *СОУ 11.1-20077720-003:2004.* Арматура фонтанна та головки колонні. Контроль технічного стану. Методи неруйнівні. — Затв. наказом НАК «Нафтогаз України» № 439 від 16.08.2004.
27. *СОУ 11.2-30019775-044:2005.* Засоби для капітального ремонту свердловин. Підймальне обладнання. Вежі та лебідки. Контроль технічного стану. — Затв. наказом ДК «Укргазвидобування» № 365 від 06.07.2005.
28. *СОУ 11.2-30019775-053:2005.* Засоби для капітального ремонту свердловин. Обладнання та інструмент. Контроль технічного стану. — Затв. наказом ДК «Укргазвидобування» № 512 від 27.09.2005.
29. *СОУ 60.3-30019801-031:2005.* Магістральні трубопроводи. Контроль якості зварювання. — Затв. наказом ДК «Укртрансгаз» від 26.12.2005 № 384.
30. *СОУ 60.3-30019801-061:2008.* Технологічні трубопроводи, що працюють під тиском до 10 МПа. Правила експлуатації та ремонту. — Затв. наказом ДК «Укртрансгаз» від 23.07.2008 р. № 254.

Надійшла до редакції  
27.10.2010