

МЕТОДИ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ФОНТАННОЇ ЗАПІРНОЇ АРМАТУРИ

© Карпаш О. М., Даниляк Я. Б., Криничний П. Я., Цюцяк І. І., Козоріз А. В., 2003
НВФ "Зонд", м.Івано-Франківськ

Розглянуто проблему неруйнівного контролю та технічної діагностики фонтанної запірної арматури. Проведено аналіз характерних видів і причин відмов під час експлуатації елементів фонтанної запірної арматури, а також методів неруйнівного контролю

Для попередження аварійних ситуацій та нафтогазових викидів під час промислової експлуатації нафтових та газових свердловин велике значення в даний час надається питанню підвищення експлуатаційної надійності та оцінки технічного стану фонтанної запірної арматури (ФЗА), що зумовлено наступними причинами:

1) значна кількість ФЗА відпрацювала свій амортизаційний термін (згідно паспортних даних середній термін служби ФЗА до списання становить 10 років), але внаслідок скрутною економічної ситуації нафтогазовидобувні підприємства не завжди мають можливість в повному об'ємі замінити діюче обладнання, а технічний стан ФЗА в багатьох випадках дозволяє продовжити термін її експлуатації;

2) до випуску ФЗА приступили підприємства, які не мають достатнього досвіду, відповідної технології, методів і засобів контролю якості;

3) контролюючі органи, зокрема Держнагляд-охоронпраці України, вимагають систематичного обстеження ФЗА, оскільки відмова фонтанної арматури може призвести до травматизму обслуговуючого персоналу, важких екологічних наслідків і т.п.

ФЗА представляє собою з'єднання на фланцях товстостінних трійників, хрестовин і запірних присторів (засувок або кранів). Тиск в фонтануючих свердловинах може підніматися до 100 МПа. Швидкість руху суміші нафти, газу і абразивних механічних домішок в них (кварцевий пісок, частинки породи) в деяких частинах арматури досягає декількох десятків метрів за секунду. Пластова вода, нафта і газ часто мають в собі агресивні компоненти і викликають інтенсивну корозію фонтанної арматури.

Головним показником працездатності ФЗА є її міцність та герметичність. Порушення цих показників може привести до аварій з арматурою, внаслідок чого можуть виникнути відкриті фонтани, а в особливо складних випадках і викид труб та пожежі. Ліквідація таких аварій потребує великих затрат

часу та коштів.

Щоб уникнути негативних наслідків аварій та відмов треба здійснювати комплекс заходів по забезпеченню безаварійної і довговічної експлуатації елементів ФЗА. Одним із таких заходів слід вважати необхідність періодичного контролю та технічної діагностики.

Аналіз аварійності нафтогазового обладнання, проведений різними дослідниками, показав, що кількість відмов елементів ФЗА досить значна і має тенденцію до росту. Основні причини відмов наведені в табл. 1.

При вивченні характерних видів зносу та руйнування клинових запірних засувок [1] було виявлено, що необроблена внутрішня поверхня відводів корпусу засувки є місцем зародження підвищеного ерозійного зносу і що нещільне прилягання ущільнюючих кілець, а також значний знос вхідних ділянок відводів корпусу приводять до руйнування фланців та втрати герметичності.

Аналогічні види зносу та руйнувань були виявлені на внутрішніх поверхнях відводів трійників і хрестовин, а також котушок. Разом з цим в умовах експлуатації і при капітальному ремонті було встановлено, що під дією потоку рухомої рідини або газу відбувається інтенсивний знос криволінійних поверхонь трійника (рис.1) та хрестовини.

Це пояснюється тим, що потік рідини або газу, що рухається, на своєму шляху зустрічає опір на ділянці великої кривизни (радіус внутрішньої поверхні $R=75\text{мм}$), що приводить до різкої зміни напрямку потоку, в результаті чого відбувається інтенсивний знос стінки по внутрішньому радіусу. В деяких випадках в результаті гідроабразивної ерозії стінку трійника і хрестовини потік рідини або газу розмиває наскрізь.

Характерні види руйнування проточних ділянок хрестовин і котушок, підданих гідроабразивній ерозії, приведені на рис. 2 а, б.

Таблиця 1 – Основні причини відмов фонтанної запірної арматури

Причини відмов ФЗА	Елемент ФЗА	Методи контролю
Наявність тріщин різної орієнтації в корпусних деталях Руйнування зварного шва корпуса Ерозійний знос ділянок відводів корпуса	Крани, засувки, дроселюючі пристрої, трійники, хрестовини, котушки	Акустична дефектоскопія Акустична товщинометрія
Знос і промив ущільнюючих поверхонь засувок і дроселюючих пристроїв	Крани, засувки, дроселюючі пристрої	Акустичний контроль
Порушення ущільнюючих поверхонь фланцевих з'єднань Послаблення затяжки болтових з'єднань	Фланцеві з'єднання елементів ФЗА	Акустичний контроль
Зміна окремих параметрів фізико-механічних властивостей матеріалу деталей ФЗА	Крани, засувки, дроселюючі пристрої, трійники, хрестовини, котушки	Вихорструмовий метод Динамічна твердометрія

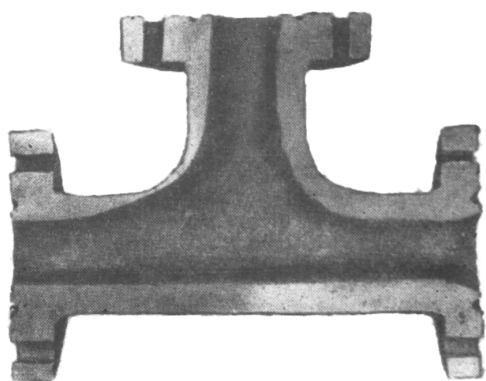
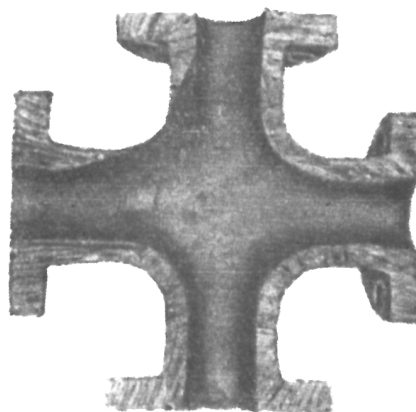
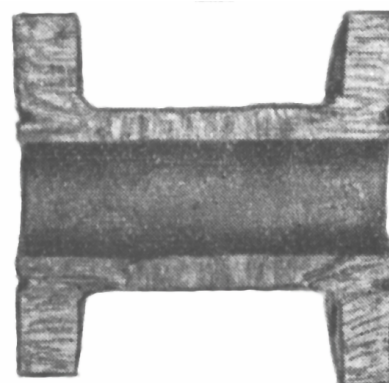


Рис.1. Знос трійника



а)



б)

Рис.2 Види руйнування проточних ділянок хрестовин (а) і котушки (б), які піддані гідроабразивній корозії

Гідроабразивне руйнування проточних ділянок, особливо на вході, та нещільне прилягання ущільнюючих кілець приводить до розмиву фланця (рис. 3) та втрати герметичності [1].

Під дією високих тисків та агресивного середовища зазнають руйнівного впливу також зварні шви корпусних деталей запірних засувок, хрестовин та котушок, що приводить до руйнування зварного шва і, як наслідок, втрати герметичності.

Основною причиною виходу з ладу кранів ФЗА є порушення герметичності затвору внаслідок ураження їхніх ущільнюючих поверхонь корозією або утворення задирів.

Відомо, що у відкритому стані прохід пробки крану повинен співпадати з проходом корпуса. Однак регулювання дебіту свердловини шляхом зміни прохідного січення крану приводить до інтенсивного руйнування ущільнюючих поверхонь пробки та корпуса [2].

В деяких випадках внаслідок низької якості виготовлення, збирання, а також застосування застарілих схем буріння відбувається руйнування

різбового з'єднання колонної головки і обсадної колони. В результаті відбувається втрата герметичності, а в особливо важких випадках і викид насосно-компресорних труб.

На рис. 4 показані колонна головка і фрагмент обсадної колони із зношеною різьбою, котрі використовувались на Богородчанському ПСГ (Івано-Франківська обл.). Вказаний дефект призвів до втрати герметичності та викиду насосно-компресорних труб.

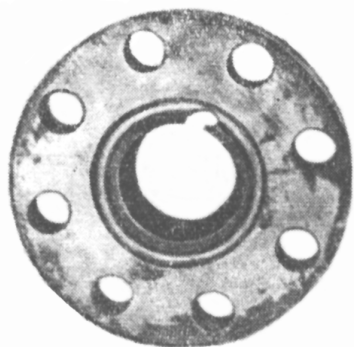


Рис. 3. Розмив фланця

Проведений аналіз характерних видів і причин відмов під час експлуатації елементів фонтанної запірної арматури показує, що з метою запобігання аварійних ситуацій постає як першочергова потреба в розробці та впровадженні в промислову практику технічних засобів та відповідних методик для проведення наступних видів неруйнівного контролю:

- а) якості різбового з'єднання колонної головки і обсадної колони;
- б) якості фланцевого з'єднання за рахунок дотику ущільнюючого металічного кільця і канавки фланця при затяжці з'єднання шпильками;
- в) степені закривання та відкривання шиберної

засувки;

- г) герметичності елементів арматури;
- д) виявлення дефектів в тілі та зварних швах в корпусних деталях;
- е) контроль товщини стінки на ділянках, які експлуатуються в найбільш складних умовах;
- ж) фізико-механічних властивостей матеріалу деталей ФЗА і їх відповідність вимогам технічних умов.

Вибір того чи іншого методу, а відповідно йому і способів неруйнівного контролю ФЗА визначається рядом факторів, найбільш суттєвими з яких є:

- 1) конструктивні особливості об'єкту контролю (габаритність, простота, або складна форма, різьбове, зварне чи клеєне з'єднання, якість зовнішньої і внутрішньої поверхні);
- 2) агрегатний стан контрольованого виробу (окремі елементи конструкції чи вся конструкція у зібраному стані);
- 3) здатність матеріалу об'єкту контролю взаємодіяти із проникаючими полями існуючих методів неруйнівного контролю (ультразвукового, електромагнітного, радіаційного і ін.);
- 4) вид контролю (виявлення внутрішніх чи зовнішніх дефектів, вимірювання товщини, фізико-механічні характеристики матеріалу, герметичність з'єднань і ін.);
- 5) умови проведення контролю (в цехових чи польових умовах, на відкритому повітрі, висока або низька температура);
- 6) очікувана зона контролю (місцезнаходження, протяжність і орієнтація дефектів);
- 7) можливість застосування ручного або механізованого режиму контролю;
- 8) забезпечення необхідної надійності контролю та достовірності його результатів.



а)



б)

Рис. 4. Фрагмент обсадної колони (а) и колонної головки (б) із зношеною різьбою

Результати вивчення літературних джерел, ознайомлення з роботами відповідних науково-дослідних організацій і багаторічний досвід в галузі розробки та виготовлення засобів неруйнівного контролю нафтопромислових труб та бурового обладнання дозволяють зробити висновок, що найбільш ефективним методом для розробки методик та засобів неруйнівного контролю і технічної діагностики ФЗА є ультразвуковий і вихрострумний методи контролю.

В процесі проведення експериментальних робіт по використанню ультразвукового і вихрострумного методів для неруйнівного контролю ФЗА визначались ряд параметрів як технічного, так і методичного характеру, найбільш основними з яких є:

1) перевірка правильності вибору способів прозвучування, кутів вводу ультразвукового променя, робочої частоти п'єзокераміки та конструктивних параметрів п'єзоперетворювачів, які використовуються при проведенні таких видів контролю як якість фланцевого з'єднання, герметичність елементів арматури та суцільності фланцевих корпусів запірних засувок. Крім того визначаються границі переміщення п'єзоперетворювачів в зоні контролю і траєкторія сканування. Слід відзначити, що складні геометричні форми окремих деталей ФЗА вимагають застосування п'єзоперетворювачів із різною конфігурацією робочої поверхні;

2) вибір необхідного типу ультразвукового дефектоскопу та перевірка режимів його роботи в складі із спеціалізованими п'єзоперетворювачами, експериментальні зразки яких були виготовлені для реалізації вибраних способів контролю ФЗА. Мета вказаної операції – визначити можливість спостереження на екрані електронно-променевої трубки всіх луно-сигналів, які можуть бути інформативними про якість контрольованого елемента ФЗА в залежності від попередньої настройки і вибраної схеми прозвучування. Як ультразвуковий дефектоскоп вибрано дефектоскоп широкого призначення типу УД2-12 з діапазоном частот від 1.25 МГц до 10.0 МГц.

Серед основних параметрів ультразвукового контролю, які визначають достовірність результатів контролю, можна виділити наступні:

- частота ультразвукових коливань;
- довжина хвилі в матеріалі контрольованого елемента ФЗА;
- чутливість приймального тракту ультразвукового дефектоскопа;
- чутливість системи автоматичної сигналізації дефектів;
- точність визначення координат;
- мертва зона;

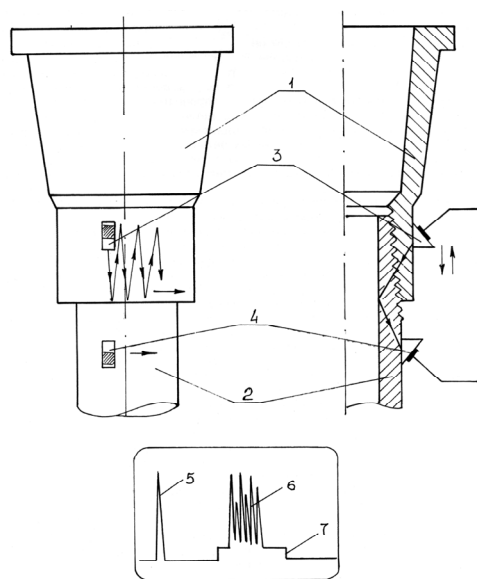
- променева роздільна здатність.

Експериментальна перевірка підтвердила теоретичні твердження, що найбільш інформативним параметром акустичного методу контролю, а також вихрострумного методу, є амплітуда прийнятого сигналу. Для більш детальної оцінки характеристики виявлених дефектів ультразвукового методу слід використовувати часовий параметр.

Результати досліджень покладені в основу дослідно-конструкторських робіт по розробці спеціалізованих технічних засобів неруйнівного контролю ФЗА.

Контроль герметичності різьбового з'єднання колонної головки здійснюється у випадку втраченої герметичності, а також при підозрі на неякісне різьбове з'єднання колонної головки з обсадною колоною.

Контроль здійснюється з допомогою ультразвукового дефектоскопа УД2-12 та двох похилих п'єзоелектричних перетворювачів, які включені по роздільній схемі. Робоча частота складає 2.5 МГц, а кут кожного складає 40°. Герметичність з'єднання колонної головки і обсадної колони оцінюється по амплітуді ультразвукових імпульсів 6, які пройшли через різьбове з'єднання (рис. 5).



1–колонна головка; 2– обсадна труба; 3– випромінюючий п'єзоперетворювач; 4– приймальний п'єзоперетворювач; 5– зондуючий імпульс; 6– відеоімпульси, що спостерігаються при наявності акустичного контакту; 7– стробімпульс

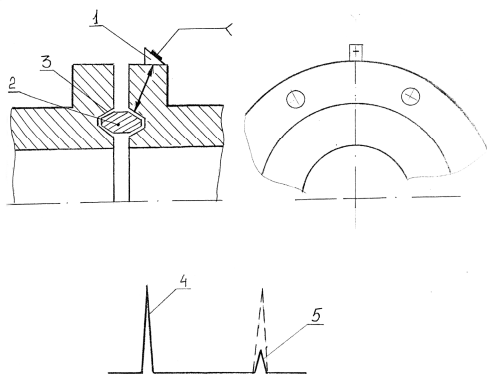
Рис.5. Схема контролю герметичності різьбового з'єднання колонної головки

Герметичність різьбового з'єднання оцінюється

шляхом співставлення даних, отриманих в процесі контролю, з даними, які отримані під час попереднього настроювання електронно-акустичного тракту дефектоскопа на взірці для настроювання, типорозмір якого повинен відповідати типорозміру контрольованого різьбового з'єднання.

Контроль якості фланцевих з'єднань елементів ФЗА здійснюється з метою виявлення послаблення болтових з'єднань (зусилля затяжки) і порушення герметичності ущільнюючих кілець.

Суть розробленого способу контролю фланцевих з'єднань елементів фонтанної арматури полягає в прозвучуванні ущільнюючого кільця (рис. 6). У процесі контролю апаратура настроюється так, щоб отримати луно-імпульс 5 від ущільнюючої канавки 3. Якість контрольованого з'єднання оцінюється по амплітуді луно-імпульсу 5, величина якої залежить від ступені затяжки з'єднання. Ущільнююче кільце 2 демпфує в більшій або меншій ступені луно-імпульс 5 в залежності від контактного тиску між кільцем і канавкою.



1 – п'єзоелектричний перетворювач; 2 – ущільнююче кільце; 3 – канавка під ущільнююче кільце; 4 – зондуєчий імпульс; 5 – імпульс від канавки під ущільнююче кільце

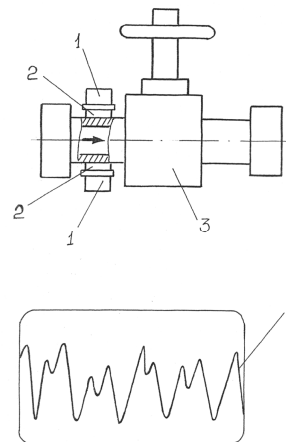
Рис. 6. Схема контролю якості фланцевого з'єднання фонтанної арматури та колонних головок

Згідно розробленої методики контроль якості скручування здійснюється по сумісній схемі на робочій частоті 2.5 МГц. Кут вводу ультразвукових коливань (УЗК) визначається умовою оптимального відбиття УЗК від конструктивних елементів з'єднання. Розроблена методика розповсюджується на контроль якості фланцевих з'єднань фонтанної арматури та колонної головок і реалізується при використанні спеціалізованих п'єзоелектричних перетворювачів П121-2,5-23-Д*. Числове значення Д* в маркуванні перетворювача відповідає умовному діаметру фланця контрольованого з'єднання. Якість з'єднання оцінюється шляхом співставлення даних, отриманих в процесі контролю, з даними,

отриманими під час настроювання на взірцях з'єднань, одне з яких скручено від руки, а інше – з нормованим зусиллям затяжки.

Контроль ступені перекриття проточного каналу засувки (кранів) здійснюється з метою оцінки якості перекривання проточного каналу (герметичності) засувки (кранів).

Контроль здійснюється з допомогою ультразвукового приладу УК-10ПМС по роздільній схемі на робочій частоті 25 кГц з використанням прямих п'єзоелектричних перетворювачів 1-го типу П111-0,025-П31 з допоміжними насадками 2 (рис. 7), які відповідають діаметру D корпусу контрольованої засувки (крана). Інформативним параметром є наявність динамічної осциляції амплітуди прийнятого сигналу 4 (фазових зсувів акустичних коливань) на екрані приладу УК-10ПМС, які модулюються потоком робочого середовища.



1 – п'єзоелектричний перетворювач; 2 – допоміжна насадка; 3 – корпус засувки (крана); 4 – форма прийнятого сигналу на екрані приладу УК-10 ПМС

Рис. 7. Схема контролю ступені перекривання проточного каналу засувки (кранів)

Вказані вище методики контролю включені в розроблений галузевий стандарт, який в даний час знаходиться на стадії узгодження і затвердження зацікавленими організаціями України.

1. Бабаєв С. Г., Зильберман Л. И. Причины низкой долговечности и характерные виды разрушений деталей фонтанной арматуры // "Машины и нефтяное оборудование". НТС. – 1968. – №8. 2. Ширинкин Ю. А., Бабаєв С. Г., Рамазанов Р. А., Васильев Ю. В. Причины нарушения работоспособности и характерные виды разрушений кранов фонтанной арматуры // "Машины и нефтяное оборудование". НТС. – 1973. – №4.