

Міністерство освіти і науки України

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Чабан Назарій Ігорович

УДК 620.179.18

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ
БУРИЛЬНИХ І НАСОСНО-КОМПРЕСОРНИХ ТРУБ**

05.05.12 - Машини нафтової та газової промисловості

**Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Івано-Франківськ – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук

Миндюк Валентин Дмитрович

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор, член-кореспондент НАН України

Майстренко Анатолій Львович

завідувач відділу «Комп'ютерного моделювання та механіки композиційних матеріалів», Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля Національної академії наук України

кандидат технічних наук

Кузьмін Олександр Олексійович

начальник сектору диспетчеризації НГВУ «Долина нафтогаз» ПАТ «Укрнафта»

Захист відбудеться 2 липня 2019 р. о 10⁰⁰ на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 20.052.04 при Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу за адресою: 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15

Із рукописом дисертації можна ознайомитись у бібліотеці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15)

Автореферат розіслано «29» травня 2019 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



Л.Д. Пилипів

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Обґрунтування вибору теми дослідження. Забезпечення технологічної безпеки в основних галузях народного господарства, запобігання виникненню аварій і надзвичайних ситуацій техногенного характеру є складовою створення екологічно та техногенно безпечних умов експлуатації обладнання та являється невід'ємною частиною державної політики щодо національної безпеки і державного будівництва.

Аналіз промислових даних показав, що в останні роки внаслідок збільшення глибини нафтогазових свердловин, застосування нових технологій в бурінні та інтенсифікації видобутку, наявності агресивних середовищ у продукті, браку нових засобів неруйнівного контролю, які би дозволили виявляти потенційні місця виникнення дефектів на мікроструктурному рівні, значно зросло число аварій (насамперед, з бурильними та насосно-компресорними трубами).

Питаннями забезпечення експлуатаційної надійності металоконструкцій довготривалої експлуатації, в тому числі бурильних та насосно-компресорних труб, займаються провідні вітчизняні та зарубіжні вчені, такі як Крижанівський Є.І., Білик С.Ф., Похмурський В.І., Лисканич М.В., Майстренко А.Л., Івасів В.М., Копей Б.В., Карпаш О.М., Лубінські А., Муравйов В.В., J. K. Brownlee, R. Riggs та ін. При цьому використовуються різні шляхи вирішення даної проблеми: удосконалення конструкцій та використання нових матеріалів при їх виготовленні; розроблення нових технологій експлуатації та засобів контролю їх технічного стану. Слід відзначити, що існуючі засоби контролю дозволяють виявляти тільки типові дефекти (тріщини, невідповідність товщини та твердості деталі, та інше), а технології контролю не включають заходів проміжного контролю властивостей і структури металу труб в процесі експлуатації.

Таким чином, удосконалення методів оцінки фактичного технічного стану матеріалу бурильних та насосно-компресорних труб шляхом дослідження нових інформативних ознак матеріалу труб, за допомогою яких можливо виявити дефекти в матеріалі труб на мікроструктурному рівні, є актуальним та важливим завданням, вирішення якого дозволить значно підвищити експлуатаційну надійність нафтогазового обладнання та інструменту.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами. Дисертаційна робота виконувалась за особистою участю автора, як виконавця, на кафедрі енергетичного менеджменту та технічної діагностики Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу відповідно до плану в рамках наступних науково-дослідних робіт:

- «Розроблення методології оцінювання ризиків для населення та навколишнього середовища робіт, пов'язаних з розробкою покладів нетрадиційного газу» - тема Д - 9-15-П (номер державної реєстрації 0115U002277);

- «Розроблення наукових основ виявлення та контролю переддефектного стану потенційно небезпечних металоконструкцій довготривалої експлуатації» - тема № Д-11-16-О (номер державної реєстрації 0116U003609);

- «Розроблення методології та моделювання переходу розрахунків за природний за його енергетичними параметрами» – тема № ДМ-2-19-П (номер державної реєстрації 0119 U000169).

Метою дослідження є удосконалення методу оцінки фактичного технічного стану матеріалу бурильних і насосно-компресорних труб шляхом дослідження нових інформативних ознак матеріалу труб, за допомогою яких можливо виявити дефекти в матеріалі на мікроструктурному рівні засобами неруйнівного контролю та прогнозувати залишковий ресурс проконтрольованих труб.

Для досягнення поставленої мети в дисертаційній роботі необхідно вирішити такі **завдання**:

- 1) провести аналіз причин і характеру відмов бурильних та насосно-компресорних труб, що працюють в складних експлуатаційних умовах (велика глибина, агресивні середовища) та існуючих методів діагностики фактичного технічного стану труб;
- 2) провести теоретичні та експериментальні дослідження для вибору нових інформаційних ознак, які характеризують зміну фактичного технічного стану матеріалу бурильних та насосно-компресорних труб на мікроструктурному рівні;
- 3) розробити методологію та провести експериментальні дослідження для встановлення залежності між параметром ультразвукового контролю (інтегральна густина зображень акустичних структурних шумів) та механічною характеристикою матеріалу бурильних і насосно-компресорних труб – границею плинності.
- 4) розробити технологію оцінки стану матеріалу бурильних та насосно-компресорних труб з урахуванням нових інформаційних ознак, провести її промислову апробацію та запропонувати нові підходи для визначення залишкового ресурсу даного обладнання.

Об'єктом досліджень є технічний стан насосно-компресорних та бурильних труб.

Предметом дослідження є методи оцінки фактичного технічного стану сталей бурильних і насосно-компресорних труб.

Положення, що захищаються:

Метод оцінки технічного стану матеріалу нафтогазового обладнання шляхом використання нового інформативного параметра (інтегральна густина зображень акустичних структурних шумів) для визначення границі плинності.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань і досягнення мети в дисертації використовувались методи неруйнівного контролю, математичного моделювання, кореляційного та регресійного аналізу. У ході виконання експериментальних досліджень використовувались методи планування експерименту, теорія імовірності.

Наукова новизна одержаних результатів Наукова новизна результатів дисертаційної роботи визначається такими положеннями:

1. Вперше запропоновано новий інформативний параметр – інтегральна густина зображень акустичних структурних шумів у матеріалах бурильних та насосно-компресорних труб для оцінки їх технічного стану, що дозволяє виявити дефекти в конструкціях на мікроструктурному рівні.

2. Вперше встановлено характер залежності між параметрами зображень акустичних структурних шумів та границею плинності матеріалу, що дозволяє

підвищити точність визначення фактичних значень фізико-механічних характеристик неруйнівними методами на будь-якому етапі експлуатації.

3. Удосконалено метод оцінки фізико-механічних характеристик насосно-компресорних та бурильних труб, який полягає у використанні комплексу інформативних параметрів (твердість і інтегральна густина) для визначення границі плинності матеріалу.

4. Знайшла подальший розвиток методологія визначення залишкового ресурсу насосно-компресорних труб, що ґрунтується на результатах визначення фізико-механічних характеристик.

Практичне значення одержаних результатів

Ускладнення умов видобування вуглеводнів призвело до застосування нових технологій, збільшення глибин свердловин, що в результаті призвело до експлуатації обладнання в умовах високих температур, тисків та агресивних середовищ. Всі перелічені показники чинять суттєвий вплив на матеріал нафтогазового обладнання (зокрема на матеріал бурильних та насосно-компресорних труб), що відповідно змінює їх експлуатаційні характеристики. У свою чергу, інформація про фактичні значення фізико-механічних характеристик матеріалу труб дозволить оцінити їх технічний стан та зменшити кількість аварійних ситуацій на промислових об'єктах.

Результати досліджень, викладених у дисертаційній роботі, можуть бути використані: на нафтогазовидобувних підприємствах, при вхідному контролі отриманих партій труб та при їх діагностуванні при СПО; на підприємствах, що здійснюють технічне діагностування обладнання підвищеної небезпеки; у навчальному процесі при підготовці фахівців з технічного діагностування під час вивчення дисциплін «Технічна діагностика бурового та нафтогазопромислового обладнання», «Машини і обладнання нафтогазової промисловості».

Особистий внесок здобувача. Основні положення та результати дисертаційної роботи одержані автором самостійно. Зокрема, в опублікованих у співавторстві роботах здобувачем:

- запропоновано новий підхід до визначення фактичного технічного стану бурильних та насосно-компресорних труб [1-7,10];
- удосконалено спосіб визначення фізико-механічних характеристик шляхом використання комплексу параметрів неруйнівного контролю, а саме ультразвукового методу діагностування та методу визначення твердості [3-6,11];
- запропоновано спосіб визначення ресурсу для насосно-компресорних труб [2,9,10,11].

Апробація результатів роботи. Основні положення і результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на міжнародних конференціях, зокрема: VI Міжнародній науково-технічній конференції "Нафтогазова енергетика 2017" до 50-річчя Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу; Неруйнівний контроль в контексті асоційованого членства України в Європейському союзі 24-27 жовтня 2017 року, Люблін, Польща; 8-ій міжнародній науково-технічній конференції пам'яті Ігоря Кісіля «Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання», Івано-Франківськ, 2017 р.; 22 Міжнародній конференції «Сучасні методи та засоби неруйнівного контролю і технічної діагностики», Одеса, 2018.

Публікації результатів досліджень. За темою дисертаційної роботи опубліковано 11 друкованих праць, із них 6 – статті у фахових наукових виданнях, затверджених МОН України; 1 – публікація в закордонному науковому фаховому виданні; 4 матеріалів міжнародних конференцій (зокрема 1 у зарубіжних).

Обсяг і структура дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Дисертація викладена на 127 сторінках. Окрім того робота проілюстрована 33 рисунками, включає 20 таблиць, список використаних джерел зі 101 найменування і 4 додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, наведено загальну характеристику роботи, сформульовано її мету й основні завдання досліджень. Викладено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів досліджень.

У **першому розділі** розглянуті умови експлуатації, встановлені причини відмов бурильних та насосно-компресорних труб (НКТ). Проведено огляд основних типів насосно-компресорних труб. Розглянуті основні методи діагностики і контролю технічного стану НКТ. Сформульовані цілі і задачі досліджень.

В результаті аналізу умов роботи, основних видів і причин відмов бурильних та насосно-компресорних труб (зокрема колон НКТ) виявлено, що внаслідок ускладнення умов експлуатації, збільшення глибини експлуатаційних свердловин, розробки родовищ з високим вмістом корозійно-активних речовин у продукті значно збільшилась аварійність трубних колон. Згідно з даними, наданими експлуатуючими організаціями, більшість аварійних ситуацій стається через обрив колони труб. Також суттєвою проблемою є передчасне руйнування колони, тобто невідповідність вказаним гарантійним термінам експлуатації.

З аналізу методів діагностики та контролю технічного стану бурильних і, зокрема, насосно-компресорних труб видно, що вони ґрунтуються, здебільшого, на візуальному та інструментальному методах виявлення дефектів, проте не містять етапу визначення фактичного технічного стану труб. Особливо гострою ця проблема постає при діагностуванні НКТ, адже можливість доступу до них під час експлуатації обмежена.

Отже, підсумовуючи вище сказане, актуальною проблемою для бурильних та насосно-компресорних труб залишається оцінка фактичного технічного стану та забезпечення їх надійності шляхом розрахунку залишкового ресурсу. Тому дисертаційні дослідження, присвячені удосконаленню методу визначення фактичного технічного стану шляхом використання комплексного підходу із залученням нових інформативних параметрів матеріалу, з якого виготовлене обладнання, та забезпечення надійності бурильних і насосно-компресорних труб шляхом розрахунку їх залишкового ресурсу, є актуальними.

Другий розділ присвячений дослідженням, що проводились з метою вивчення сучасних тенденцій визначення залишкового ресурсу нафтогазового обладнання. Ефективним напрямком у визначенні залишкового ресурсу є перехід від імовірнісних методів оцінки ресурсу, заснованих на статистиці відмов, до оцінки індивідуального

ресурсу старіючого обладнання на основі комплексного підходу, що поєднує результати руйнівного і неруйнівного контролю з перевірочними розрахунками на міцність. Також при оцінюванні ресурсу помітна тенденція переходу від дефектоскопії до методів технічної діагностики, заснованих на поєднанні механіки руйнування, металознавства і неруйнівного контролю (НК). Ще одним напрямком у визначенні ресурсу є використання одночасно кількох параметрів контролю, що дозволяють найбільш об'єктивно оцінювати фактичний технічний стан об'єкта контролю.

Досліджено взаємозв'язок механічних характеристик матеріалу нафтогазового обладнання з його ресурсом. Розглянуті існуючі методики визначення залишкового ресурсу трубопроводів та вертикальних сталевих резервуарів. Опрацювання даних методик свідчить про суттєвий вплив фізико-механічних характеристик матеріалів нафтогазового обладнання, зокрема границі плинності, на термін безпечної експлуатації даного обладнання. Наприклад, згідно даних, отриманих при моделюванні методики визначення ресурсу трубопроводів встановлено, що зміна границі плинності матеріалу на 15% призводить до зменшення ресурсу вдвічі. Також аналіз методики для резервуарів показав, що деградація ФМХ матеріалу на 30% призводить до зменшення безпечного терміну експлуатації вдвічі. Разом з тим доведено, що в процесі довготривалої експлуатації, внаслідок експлуатаційної деградації змінюються ФМХ матеріалу. Встановлено, що найбільших змін зазнає границя плинності матеріалу, в той час, як границя міцності практично не змінюється. Отже, отримання фактичних значень границі плинності матеріалу дозволить реально оцінити залишковий ресурс обладнання та зменшити рівень аварійності на підприємствах нафтогазового сектору. Також досліджено методи визначення ФМХ матеріалів нафтогазового обладнання за допомогою неруйнівного контролю.

Третій розділ присвячений пошуку нового інформативного параметра для оцінки зміни структури матеріалу труб та розробці методології проведення експериментальних досліджень з метою встановлення наявності та характеру взаємозв'язку між новим інформативним параметром ультразвукового контролю (S-сканом) і змінами в структурі матеріалу труб.

За основу взяті праці вченого В.В. Муравйова, в яких йдеться про вплив структурних змін металу на середній рівень акустичних структурних шумів. В своїх експериментах він використовував в якості опорного сигналу релеєвську хвилю, так званий «пролаз», що виникає при перевипромінюванні ультразвукової хвилі в прийомну призму. Автор зазначає, що даний вид сигналу більш стабільний в порівнянні з донним сигналом, оскільки не залежить ні від якості акустичного контакту, ні від шорсткості поверхні, ні від стану донної поверхні.

В дисертаційних дослідженнях запропоновано змінити тип ультразвукового дефектоскопа та використовувати ультразвукові дефектоскопи, що працюють з п'єзоперетворювачами з фазованими ґратками (УЗФГ). Отримані в процесі діагностування двовимірні зображення структурних неоднорідностей значно полегшують процес сприйняття, оскільки фахівець з ультразвукового контролю може легко і оперативно визначити ділянки з характерними неоднорідностями.

Для дослідження структурних змін сталі, що виникли в процесі експлуатації, та їх впливу на механічні характеристики запропонована методологія, яка включала наступні етапи: розроблення плану проведення експерименту; вибір матеріалу

металоконструкцій, обґрунтування розмірів і кількості зразків та їх виготовлення; підбір типу ультразвукового дефектоскопа та п'єзоелектричних перетворювачів; проведення вимірювання інформативних параметрів; аналіз та опрацювання результатів досліджень, формування висновків і плану подальших досліджень.

Для проведення експериментальних досліджень був відібраний прямокутний зразок конструкційної легованої сталі марки 40Г, розміром 400x300 мм та товщиною 18,7 мм. Сталь 40Г використовують для виготовлення обладнання підвищеної міцності, такого як трубопроводи, посудини, що працюють під тиском тощо. Дану конфігурацію і матеріал досліджуваного зразка відібрано тільки з метою встановлення залежності між структурними неоднорідностями, що характеризуються інформативними параметрами ультразвукових хвиль, і фізико-механічними характеристиками матеріалу. Однак згідно довідкового посібника Г.К. Шрейбера, насосно-компресорні труби виготовляються з інших матеріалів, таких як: Сталь 20, Сталь 30, Сталь 30ХМА. Проте дані сталі поставляються у вигляді труби, смуги, прутка або дроту, що значно ускладнює процес виявлення структурних неоднорідностей наявними технічними засобами. Тому, в якості близького аналога за значеннями нормованих механічних характеристик, вибрано сталь 40Г, яка є дуже близькою до сталі 30ХМА за своїми фізико-механічними характеристиками, та входить в групу міцності К. Експериментальний зразок очищено від корозії та умовно поділено на зони (рис.1). Розмір зон визначався з розрахунку не більше половини кожного з геометричних розмірів п'єзоперетворювача з ультразвуковими фазованими ґратками (довжини та ширини призми) та становив 40x15 мм.

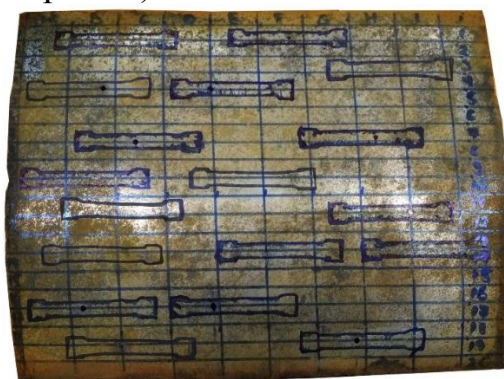


Рисунок 1 – Загальний вигляд досліджуваного зразка зі сталі 40 Г з визначеними місцями для вирізання стандартних зразків для проведення випробувань на розтяг

Основними вхідними параметрами при виборі ультразвукового дефектоскопа та п'єзоелектричного перетворювача були: характеристики досліджуваної сталі, зокрема середній розмір зерна, величина затухання ультразвукових коливань та габаритні розміри (товщина) зразка; можливість отримання та збереження акустичного зображення в цифровій формі для полегшення подальших досліджень; роздільна здатність та чутливість ультразвукового перетворювача. З огляду на вищесказане, для проведення ультразвукових досліджень вибрано дефектоскоп SIUI CTS-602 з перетворювачем 5.0L-64-1.0-10 та перехідною призмою 64N00L-40. УЗ-дослідження проводились при частоті коливань 5 МГц, при куті введення променя 0° , з активною апертурою 14 та підсиленням 30 дБ.

Фізична суть процесу формування зображення структурних неоднорідностей полягає в тому, що в результаті відображення, заломлення і трансформації пройдених та відбитих акустичних хвиль на межах зерен чи груп неоднорідностей з відмінними значеннями акустичних параметрів (акустичний опір), структурні неоднорідності на екрані дефектоскопа відображаються у вигляді світліших і темніших зон. Інтенсивність яскравості та кольору цих зон змінюється від чорного до яскраво-червоного кольору і пропорційна амплітуді відбитих акустичних коливань. На рисунку 2 зображення структурних неоднорідностей виділені додатково білою кривою.

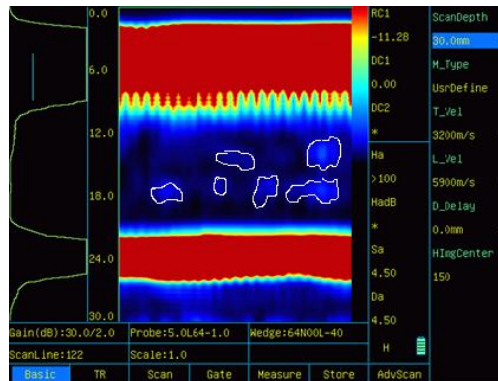


Рисунок 2 – Акустичне зображення ділянки досліджуваного зразка з структурними неоднорідностями, отримане на екрані дефектоскопа за допомогою УЗФГ

Даний зразок піддавався 100% УЗ скануванню з метою визначення ділянок з найбільш вираженими структурними змінами. З металу, що розміщений в цих ділянках виготовлено 18 стандартних циліндричних зразків типу III для розтягу відповідно до ГОСТ 1497-84 «Метали. Методи випробувань на розтяг» (рис. 3). Три зразки з 18-ти виготовлені з ділянок, на яких виявлені найменші значення акустичних шумів. Основні геометричні розміри виготовлених зразків наведені в табл. 2.

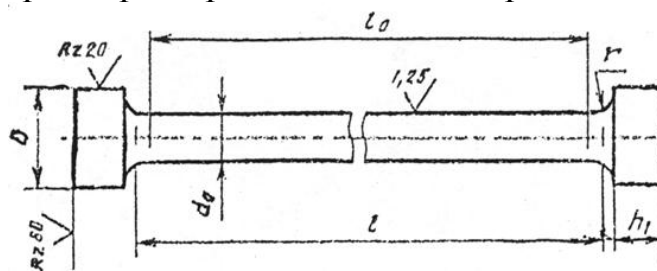


Рисунок 3 – Схематичне зображення типового зразка для розтягу згідно з ГОСТ 1497-84 «Метали. Методи випробувань на розтяг»

Таблиця 2 – Геометричні розміри виготовлених зразків для руйнівних статичних випробувань на розтяг

d_0 , мм	D , мм	l_0 , мм	l , мм	h_1 , мм	r , мм	Загальна довжина, мм	Кількість
10.0±0.1	14	50	70	12	3	100	18

Експериментальні дослідження з руйнівного статичного випробування на розтяг зразків проводились на базі лабораторії випробувально-діагностичного центру ТОВ «НВФ «Зонд». Обладнанням для розриву слугувала машина УММ-20, зав № 742, свідоцтво калібрування № 07-1662/18 чинне до 27.08.2019 р. Розтяг зразків відбувався за температури навколишнього середовища 20 °С.

За результатами випробувань отримані індивідуальні діаграми розтягу для кожного зразка. За допомогою графо-аналітичного та розрахункового способів згідно ГОСТ 1497-84 визначено границі міцності, границі плинності, показники відносного видовження і звуження.

Результати випробувань на розтяг наведені в таблиці 3.

Наступним етапом експериментальних досліджень є аналіз кількісних показників отриманих акустичних зображень структурних шумів сталей з метою вибору оптимального. Спершу запропоновано в якості кількісного показника використовувати фактичну площу зображень неоднорідностей. Для цього всі зображення опрацьовувалися в програмному середовищі ImageJ.

Особливістю роботи в даному середовищі є встановлення рівня чутливості вимірювання. Тобто оператор повинен задати границі зони неоднорідності, а оскільки різниця між відтінками кольору, якими позначається неоднорідність і металу без відхилень структури, невелика, то запропонований спосіб володіє досить високою трудоемкістю та є суб'єктивним. Результати вимірювання площі ділянок структурних неоднорідностей наведені в таблиці 3. Після аналізу отриманих результатів встановлена слабка кореляційна залежність між площею ділянок структурних неоднорідностей та фізико-механічними характеристиками сталей, яка складала не більше 0,6.

Тому в ході наступного етапу аналізу отриманих зображень в якості показника, що характеризує структурні неоднорідності, обрано показник інтегральної густини зображення. Показник інтегральної густини зображення за своєю суттю відображає значення амплітуди (енергії) відбитих від неоднорідностей акустичних коливань та не залежить від суб'єктивного рішення оператора.

Для визначення інтегральної густини зображення, що отримані за допомогою дефектоскопа з УЗФГ, опрацьовано в програмному середовищі MatLab. Додаткове ПЗ Image Processing Toolbox конвертує графічні зображення в матрицю чисел, де кожне число відповідає градієнту кольору кожного пікселя. Тобто кожному пікселю зображення присвоюється число, що залежить від його кольору. Інтегральна густина зображення характеризує суму цих чисел і є безрозмірною величиною. Результати отриманих значень інтегральних густин зображень наведені в таблиці 3.

Також в ході експерименту на дослідному зразку проведені лабораторні вимірювання комплексу фізико-механічних параметрів, таких як: коерцитивна сила H_c , твердість HV , магнітний індуктивний параметр I (визначається частотою електромагнітних коливань індуктивного перетворювача, що взаємодіє з об'єктом контролю), які є структурочутливими для феромагнітних сталей. Результати вимірювань фізико-механічних параметрів досліджуваного зразка зі сталі 40Г подані в таблиці 3.

Таблиця 3 – Результати випробувань циліндричних зразків типу III згідно з ГОСТ 1497-84 на розтяг, їх фізико-механічні параметри та кількісні показники зображень акустичних структурних шумів

№ зразка	Границя міцності, σ_b , Н/мм ²	Границя плинності, σ_t , Н/мм ²	Відносне видовження, δ_s , %	Відносне звуження, ψ , %	Площа структурних неоднорідностей, пікселів	Інтегральна густина зображення, $\cdot 10^5$	НВ	H_c , А/с м	I , ум.од.
1	610	440	30	69	5220	8,43853	221	6,6	1972
2	600	400	32	71	7407	15,15736	226	6,4	1974
3	620	415	27	69	6963	12,69751	223	6,3	1973
4	620	425	28	68	152	11,73415	226	6,4	1980
5	610	435	23	69	207	11,58939	224	6,4	1997
6	620	485	26,5	70	6404	7,69845	226	6,6	1982
7	620	420	29	69	9965	13,86568	225	6,4	1991
8	620	425	27,5	68	6719	11,06315	218	6,5	2002
9	570	435	27,5	71	5038	11,57082	217	6,3	1976
10	620	465	27,5	70	8724	7,87664	230	6,4	1975
11	610	380	27	71	209	14,81317	212	6,5	1967
12	610	455	25	67	5044	9,68726	223	6,3	1980
13	610	435	26	69	15124	11,59324	225	6,7	1982
14	600	405	26,5	69	10536	15,15478	215	6,5	1975
15	620	420	25	70	9853	14,17472	225	6,3	1969
16	610	430	26,5	71	6842	11,89456	218	6,4	1972
17	610	420	27	68	7952	12,14123	222	6,5	1982
18	600	410	25,5	68	7154	12,96452	215	6,4	1972

Для визначення наявності і характеру взаємозв'язку між інформативними параметрами зображень акустичних структурних шумів сталі і її фізико-механічних характеристик (ФМХ) проведено графічний та кореляційний аналіз.

Встановлення наявності та характеру зв'язку між обраними характеристиками металу проведено шляхом використання попарного кореляційного аналізу результатів спостережень інформативних параметрів. Значення розрахованих коефіцієнтів кореляції між інформативними параметрами неруйнівного контролю та фізико-механічними властивостями сталі 40Г наведені в таблиці 4.

Таблиця 4 – Коефіцієнти кореляції між інформативними параметрами неруйнівного контролю і фізико-механічними характеристиками досліджуваних циліндричних зразків

	НВ	H_c , А/с м	I , ум.од.	Площа неоднорідностей F	Інтегральна густина, R_0
Границя плинності σ_t Н/мм ²	0,5633	0,1392	0,2514	0,0576	-0,9018

Згідно з таблицею 4, площа структурних неоднорідностей, коерцетивна сила та параметр I мають слабкий зв'язок з границею плинності, про що свідчать малі значення коефіцієнтів кореляції, тому в подальших дослідженнях їх використовувати недоцільно. Натомість найбільші значення коефіцієнтів кореляції характерні для

показників інтегральної густини та твердості, тому саме їх і запропоновано використовувати в якості основних показників для подальших досліджень.

Коефіцієнт кореляції експериментальних даних між границею плинності і інтегральною густиною складає -0,9. Це свідчить, що ділянки з вищими значеннями інтегральної густини досягають границі плинності за менших значень напруження. Дане твердження пояснюється тим, що за умови відбиття ультразвукових коливань від великої кількості неоднорідностей ґратки інтегральна густина досягає високих значень. Фактично інтегральна густина відображає інтегральну суму розмірів зерен сталі, тобто в зонах, де параметр інтегральної густини більший – структура сталі крупнозернистіша.

Також зміна параметра інтегральної густини пояснюється тим, що в процесі експлуатації під впливом робочих умов можлива перебудова структури матеріалу від дрібнозернистої до крупнозернистої. На ділянках, де такий перехід відбувся виникають додаткові напруження та відбувається зародження мікротріщин, що в подальшому призводить до утворення макротріщин і руйнування (а також до зменшення границі плинності).

Підтвердження залежності параметрів ультразвукових хвиль і структури матеріалу наведені в працях В.В. Муравйова, де зазначено, що коефіцієнт затухання повздовжніх хвиль δ_l , обумовлений поглинанням δ_a , і розсіюванням δ_b , можна розрахувати за формулою:

$$\delta_l = \delta_a + \delta_b = 0,12f + 20f^4 D_g^3, \quad (1)$$

де f – частота ультразвукової хвилі, МГц; D_g - середній діаметр зерна, мм.

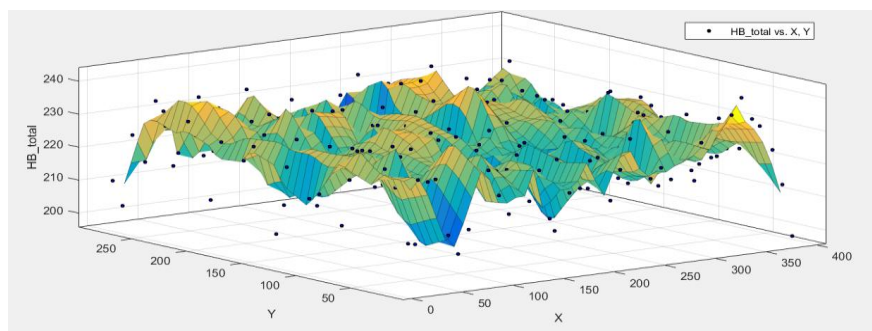
Згідно з ГОСТ 10006-80 границя плинності матеріалу через твердість наближено визначається за формулою:

$$\sigma_t = 0,2 \cdot HB, \quad (2)$$

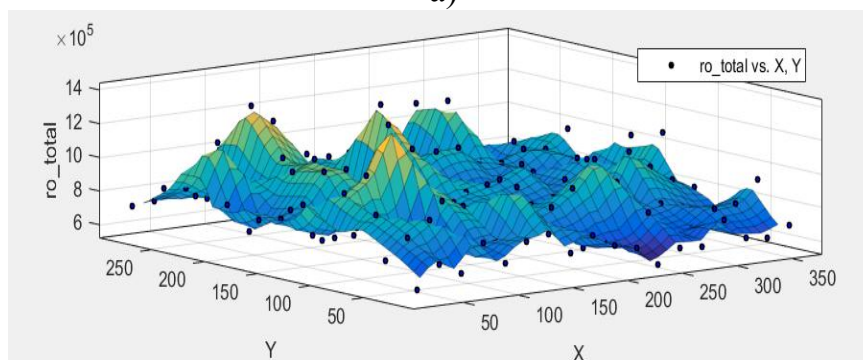
де σ_t - границя плинності матеріалу, МПа, HB- твердість за Брінелем, МПа.

Як видно з формули (2) коефіцієнт кореляції між границею плинності і твердістю мав би дорівнювати 1, але аналіз отриманих експериментальних даних свідчить інше. Відмінності між коефіцієнтами кореляції пояснюються тим, що отримані значення характеризують твердість тільки поверхневого шару, а не стан матеріалу в цілому. В свою чергу, результати ультразвукових досліджень показали, що структура сталі неоднорідна по об'єму зразка.

Підтвердженням цього є графік розподілу твердості та інтегральної густини (рис. 4) по всій площі досліджуваного зразка сталі 40Г.



а)



б)

Рисунок 4 – Розподіл твердості (а) та показника інтегральної густини зображень акустичних структурних шумів (б) по поверхні досліджуваного зразка сталі 40Г

Таким чином, використання тільки твердості при розрахунку границі плинності матеріалу за відомими методиками не дає можливості отримання достовірної інформації про фізико-механічні характеристики матеріалу. Тому актуальною проблемою залишається удосконалення цих методик шляхом доповнення їх новими інформативними параметрами. З метою вибору таких інформативних параметрів та удосконалення методики визначення дійсних значень фізико-механічних характеристик сталей було проведено графічний аналіз отриманих значень твердості, інтегральної густини та границі плинності.

На рисунку 5 наведено гістограму розподілу значень інтегральної густини, яка була отримана в процесі експериментальних досліджень. Подібність гістограми до нормального розподілу свідчить, що основна частина експериментальних взірців, яка відповідає вершині розподілу, характеризує зразки з малими значеннями інтегральної густини. У випадку збільшення інтегральної густини кількість взірців зменшується.

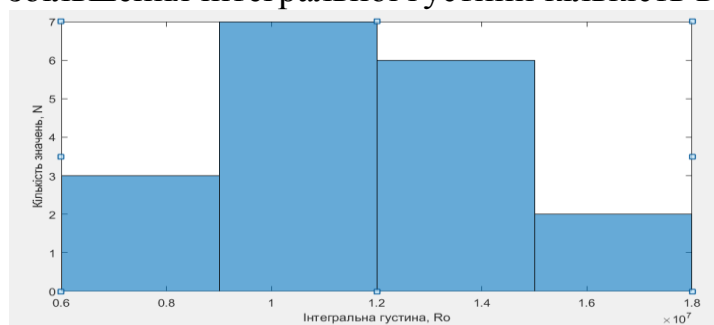


Рисунок 5 – Гістограма розподілу значень інтегральної густини

На рисунку 6 наведено гістограму частот експериментальних значень границі плинності набору даних. Вигляд цієї гістограми також свідчить про наближення до нормального розподілу. Це підтверджує, що величина границі плинності для більшої частини зразків набуває середнього значення в межах 440 МПа.

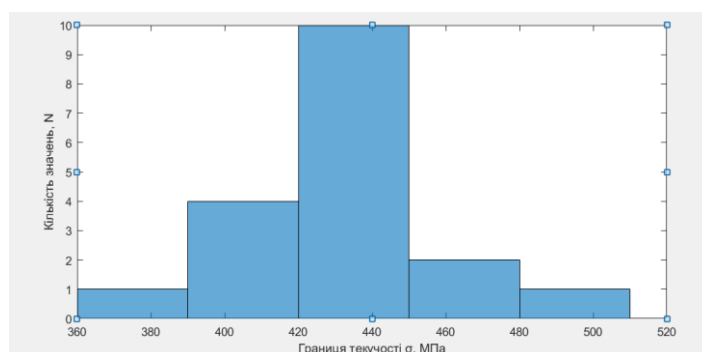


Рисунок 6 – Гістограма розподілу значень границі текучості

Аналіз та порівняння гістограм рис. 5 і 6 свідчить про імовірну високу корельованість між параметром інтегральної густини та границі плинності, що підтверджується аналітичними даними.

Розподіл частот вимірних значень твердості для експериментальних взірців наведено на рис. 7. Даний розподіл близький до рівномірного, що вказує про великий розкид значень твердості і порівняно невисоку корельованість з границею плинності. Однак використання твердості як інформативного параметра з іншою фізичною природою дозволяє підвищити достовірність результатів вимірювання та рівень його рабастності.

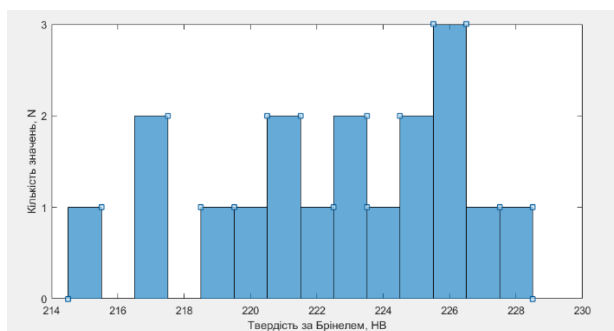


Рисунок 7 – Гістограма розподілу значень твердості

Для визначення характеру і виду залежності інформативних параметрів неруйнівного контролю від механічних властивостей сталі запропоновано використати регресійний аналіз отриманих даних, що дасть можливість отримати регресійну модель у вигляді рівняння.

З метою визначення характеру та виду залежності границі плинності сталі від її твердості побудовано графік, що зображений на рис.8.

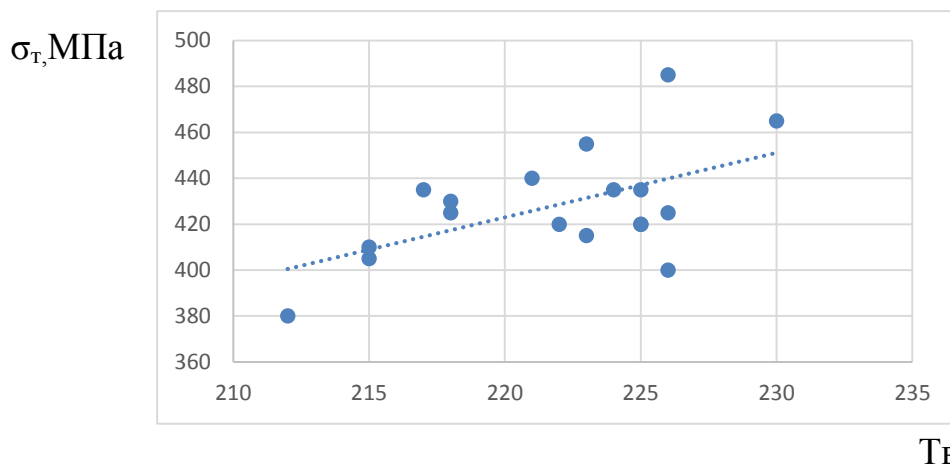


Рисунок 8 – Графік залежності границі плинності як функції твердості

Результати регресійного аналізу підтверджують, що для твердості характерна гірша корельованість (коефіцієнт кореляції рівний 0,5633) між нею і границею плинності, що свідчить про слабший зв'язок цих параметрів як наслідок вищої похибки вимірювання твердості. Після аналізу отриманих даних встановлено, що зміна твердості експериментальних зразків була в межах 18 одиниць, а діапазон невизначеності вимірювання твердості (похибка вимірювання) становить 12 одиниць. Дане співвідношення змінюваності значень до невизначеності призводить до низької корельованості між границею плинності і твердістю, оскільки в дисперсії границі текучості зумовленої твердістю велика складова розкиду значень твердості обумовлена впливом інших факторів, а не структури матеріалу.

З метою визначення характеру та виду залежності границі плинності сталі як функції інтегральної густини побудовано графічну залежність, що зображена на рис.9.

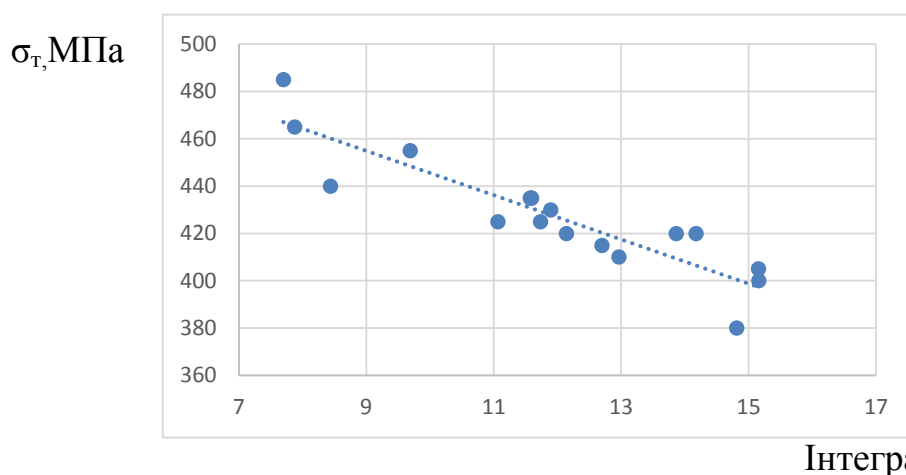
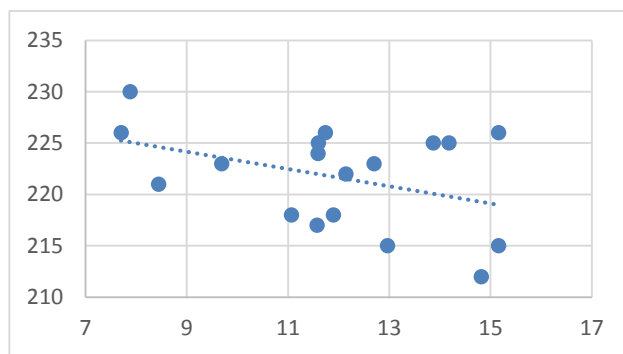


Рисунок 9 – Графік залежності границі плинності як функції інтегральної густини

Високе значення коефіцієнта кореляції (-0,9) свідчить про близькість до лінійного зв'язку між границею плинності та інтегральною густиною і, відповідно, доцільність уведення останнього в регресійну модель для визначення границі плинності як аргументу.

Для встановлення рівня взаємозалежності твердості і інтегральної густини проведено їх графічний аналіз. Для цього побудовано графік залежності цих двох величин, визначено коефіцієнт кореляції (рис.10). У випадку наявності високої кореляції інтегральної густини та твердості їх одночасне використання у якості аргументів рівняння визначення границі текучості є недоцільним, оскільки вони будуть нести однаковий вплив на значення функції. Так як коефіцієнт кореляції між ними лише $-0,16$, то можна вважати їх некорельованими і обидві змінні вводити в модель як незалежні аргументи.

Твердість, НВ



Інтегральна густина, Ro

Рисунок 10 – Графік залежності твердості від інтегральної густини

Як інструмент для побудови регресійної моделі використано спеціальне програмне забезпечення MatLab. З допомогою надбудови Curve Fitting Tool побудований тривимірний графік (рис. 11) залежності:

$$\sigma_t = f(HB, Ro) \quad (3)$$

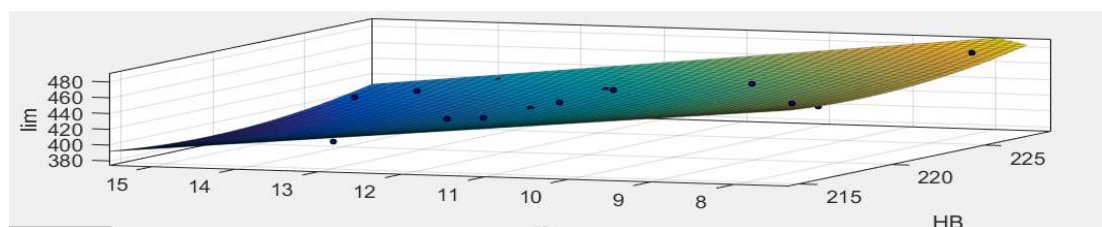


Рисунок 11 – Графік функції залежності границі текучості від твердості і інтегральної густини

Низький коефіцієнт кореляції між границею плинності і твердістю також може свідчити про нелінійний характер взаємозв'язку, тому доцільним є побудова регресійної моделі, де аргумент твердості виражений нелінійно (рис. 11).

При підвищенні степеня аргументів рівняння збільшується кількість коефіцієнтів регресії, що, в свою чергу, ускладнює процес обчислення. Проведений аналіз вигляду рівнянь регресії встановив, що оптимальним є друга степінь для аргументу твердості. Тому остаточно прийнято наступну конфігурацію рівняння:

$$\sigma_t = a_0 + a_1 \cdot HB + a_2 \cdot Ro + a_3 \cdot HB^2 + a_4 \cdot HB \cdot Ro, \quad (4)$$

де a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 - коефіцієнти регресії, які відповідно дорівнюють: $a_0=13890$; $a_1=-123,1$; $a_2=11,64$; $a_3=0,2835$; $a_4=-0,09933$.

Коефіцієнт детермінації для даного рівняння становить $R^2 = 0,8779$, що свідчить про високий рівень підтверджуваності моделлю отриманих результатів. Скоригований R-квадрат є модифікованою версією R^2 , який був скоригований на кількість предикторів у моделі і становить 0,8404. Середньоквадратична помилка RMSE становить 9,672, в той час як залишкова сума квадратів дорівнює 1216, що свідчить про високу достовірність моделі. Слід відмітити, що дана модель достовірна в межах значень границі плинності 380- 500 МПа.

У **четвертому** розділі розроблено технологію оцінки технічного стану бурильних та насосно-компресорних труб на основі удосконаленого методу визначення границі плинності металу за вимірними значеннями твердості та інтегральної густини зображень акустичних структурних шумів. Запропоновано використовувати отримані результати для визначення залишкового ресурсу насосно-компресорних труб.

Проведено промислову апробацію удосконаленого методу оцінки ФМХ металу в умовах ТОВ НВФ «Зонд» та на об'єктах ПАТ «Укрнафта», в ході якої встановлено, що гранична основна похибка визначення границі плинності за допомогою отриманої залежності не перевищує 5% відносно дійсних значень, отриманих випробуванням досліджуваних зразків труб на статичний розтяг, в той час як існуючі методики визначення границі плинності сталей за значеннями твердості допускають відхилення результатів в межах (7-10)%.

Для практичної реалізації запропонованої технології визначення фактичного технічного стану труб розроблено проект СОУ «Методика визначення технічного стану матеріалу бурильних та насосно-компресорних труб за оцінкою зміни їх фізико-механічних характеристик».

ВИСНОВКИ

В результаті проведених теоретичних і експериментальних досліджень вирішено актуальну науково-прикладну задачу, що полягає в удосконаленні методу оцінки технічного стану бурильних та насосно-компресорних труб шляхом встановлення нових інформативних ознак технічного стану металу сталевих конструкцій. Найбільш важливі наукові та практичні результати досліджень полягають у наступному:

1. На основі аналізу причин і характеру відмов бурильних та насосно-компресорних труб у складних експлуатаційних умовах (значні глибини свердловин, агресивні середовища) встановлено, що частота та час виникнення дефектів від моменту введення в експлуатацію до відмови відрізняється від типових. Тому виникає необхідність визначення дефектів на стадії їх зародження, тобто на мікроструктурному рівні. Існуючі методи діагностування фактичного технічного стану не дозволяють оцінювати стан металу на мікроструктурному рівні в промислових умовах. Водночас нові інформативні параметри стану металу могли би бути використані при оцінюванні залишкового ресурсу.
2. Теоретичні дослідження впливу зміни значень механічних властивостей металу бурильних та насосно-компресорних труб на їх залишковий ресурс дали змогу встановити, що найбільш впливовим є зміна значень границі

плинності металу σ_t , зокрема, зміна σ_t на 15% призводить зміни значень ресурсу на 50% в той час, як границя міцності в процесі експлуатації значних змін практично не зазнає. Обґрунтовано актуальність застосування багатопараметрових методів для визначення границі плинності за фізичними ознаками металу, а також застосування як одного з параметрів контролю характеристик поширення ультразвукових хвиль (інтегральної густини зображень акустичних структурних шумів) в металі бурильних та насосно-компресорних труб як структурночутливого.

3. За результатами експериментальних досліджень підтверджено залежність інтегральної густини зображень акустичних структурних шумів, отриманих за допомогою ультразвукового дефектоскопа з п'єзоперетворювачами на фазованих ґратках, від характерних особливостей мікроструктури сталі 40Г. Виявлено, що інтегральна густина зображень акустичних структурних шумів відзначається значним коефіцієнтом кореляції з границею плинності ($R = -0,9$), що дало змогу використовувати цей параметр для визначення границі плинності металу. Розроблено методологію та проведено експериментальні дослідження з метою встановлення залежності виду $\sigma_t = f(R_o, HB)$ та отримане відповідне рівняння регресії з коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,8779$, що свідчить про високий рівень підтверджуваності моделлю отриманих результатів.
4. Розроблено технологію оцінки технічного стану бурильних та насосно-компресорних на основі удосконаленого методу оцінювання границі плинності металу за вимірними значеннями твердості та інтегральної густини зображень акустичних структурних шумів. Проведено промислову апробацію розробленої методології в умовах ТОВ НВФ «Зонд» та на об'єктах ПАТ «Укрнафта», в ході якої встановлено, що гранична основна похибка визначення границі плинності за допомогою отриманих залежностей не перевищує 5% відносно дійсних значень, отриманих випробуванням досліджуваних зразків труб на статичний розтяг, в той час як існуючі методики визначення границі плинності сталей за значеннями твердості допускають відхилення результатів в межах (7 – 10)%.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Чабан Н. І., Миндюк В.Д. Особливості руйнування насосно-компресорних труб в умовах експлуатації газоконденсатних родовищ з високим вмістом корозійно-активних речовин. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2017. №3 (64). С.110-117. **(фахове видання України)**
2. Чабан Н. І., Миндюк В. Д. Аналіз сучасного стану і тенденцій розвитку способів визначення ресурсу обладнання довготривалої експлуатації. *Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу*. 2017. № 2 (43). С. 11 - 18 **(фахове видання України)**
3. Чабан Н.І., Рибіцький І.В., Миндюк В.Д. Розвиток акустичного виду контролю для виявлення та оцінювання структурних змін сталевих конструкцій. *Розвідка*

- та розробка нафтових і газових родовищ*. 2018. №3(68). С. 27-30. **(фахове видання України)**
4. Чабан Н. І., Карпаш О. М., Рибіцький І. В., Миндюк В. Д. Аналіз методів акустичного контролю фізико-механічних характеристик металоконструкцій довготривалої експлуатації. *Методи та прилади контролю якості*. 2018. №2(41). С. 38 - 44. **(фахове видання України)**
 5. Чабан Н. І. Експериментальні дослідження залежності інформативних параметрів методів неруйнівного контролю та фізико-механічних характеристик сталей. *Нафтогазова енергетика*. 2018. №2 (30). С. 44 - 48. **(фахове видання України)**
 6. Чабан Н. І., Рибіцький І. В., Карпаш М. О., Миндюк В. Д. Апробація та аналіз результатів експериментальних досліджень удосконаленого методу контролю фізико-механічних характеристик сталей. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2018. №4(69). С. 37 - 50. **(фахове видання України)**
 7. Chaban N., Myndiuk V., Karpash O. The Tubing Destruction Features in Operation of the Gas Condensate Fields With Corrosive Fluids High Content. *International Journal of Fluid Mechanics & Thermal Sciences*. 2017. № 3(2). P. 75-81. **(зарубіжне наукове фахове видання)**
 8. Миндюк В. Д., Чабан Н. І. Дослідження характеру впливу робочого середовища на деградацію фізико-механічних властивостей насосно-компресорних труб. *Неруйнівний контроль в контексті асоційованого членства України в Європейському Союзі – NDT-UA 2017* : зб. доповідей 1-шої наук.-техн. конф. з міжнар. участю. Люблін, Польща : УТ НКТД, 2017. С. 64 – 68.
 9. Чабан Н. І., Миндюк В. Д. Аналіз сучасного стану і тенденцій розвитку способів визначення ресурсу обладнання довготривалої експлуатації. *Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання*: зб. доповідей VIII Міжнар. наук.-техн. конф. пам'яті Ігоря Кісіля Івано-Франківськ, 2017. С. 183 – 185.
 10. Чабан Н. І., Миндюк В. Д. Визначення залишкового ресурсу насосно-компресорних труб з використанням ультразвукових методів. *Сучасні методи та засоби неруйнівного контролю і технічної діагностики*: зб. доповідей 22-ї Міжнар. конф. Одеса, 2018. С. 49.
 11. Чабан Н. І., Миндюк В. Д. Особливості руйнування насосно-компресорних труб в умовах експлуатації газоконденсатних родовищ з високим вмістом корозійно-активних речовин. *Нафтогазова енергетика – 2017*: зб. доповідей VI Міжнар. наук.-техн. конф. Івано-Франківськ, 2017. С.116

АНОТАЦІЯ

Чабан Н.І. Удосконалення методу оцінки технічного стану бурильних та насосно-компресорних труб – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.12 – Машина нафтової та газової промисловості, – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ.

Робота присвячена удосконаленню методу оцінки фактичного технічного стану матеріалу бурильних та насосно-компресорних труб шляхом дослідження нових

інформативних ознак матеріалу труб, за допомогою яких можливо виявити дефекти в матеріалі труб на мікроструктурному рівні та на основі отриманих результатів прогнозувати їх залишковий ресурс.

Встановлено наявність та характер залежності між параметрами зображень акустичних структурних шумів та границею плинності матеріалу.

Розроблено новий спосіб контролю фізико-механічних характеристик за допомогою ультразвукових дефектоскопів з п'єзоперетворювачами з фазованими ґратками, що дозволяє визначати фактичні значення ФМХ металу труб неруйнівними способами.

Удосконалено спосіб визначення фізико-механічних характеристик, а саме σ_t , із урахуванням параметрів акустичних зображень структурних шумів та твердості, що відрізняється від існуючого використанням додаткового інформативного параметру, що характеризує зміни на мікроструктурному рівні і це дозволяє визначати фізико-механічні характеристики з більшою точністю.

Розроблено та апробовано в промислових умовах на насосно-компресорних трубах методологію визначення фактичного технічного стану, та на основі цих даних визначено їх залишковий ресурс.

Ключові слова: бурильні труби, насосно-компресорні труби, фізико-механічні характеристики, границя плинності, фактичний технічний стан, залишковий ресурс, технічна діагностика.

АННОТАЦИЯ

Чабан Н.И. Совершенствование метода оценки технического состояния буровых и насосно-компрессорных труб - Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.12 - Машины нефтяной и газовой промышленности - Иваново-Франковский национальный технический университет нефти и газа, г. Иваново-Франковск.

Работа посвящена совершенствованию метода оценки фактического технического состояния материала буровых и насосно-компрессорных труб путем исследования новых информативных признаков материала труб, с помощью которых можно выявить дефекты в материале труб на микроструктурном уровне и на основе полученных результатов прогнозировать их остаточный ресурс.

Рассмотрены условия эксплуатации, установлены причины отказов буровых и насосно-компрессорных труб. Освещены основные типы насосно-компрессорных труб и основные методы диагностики и контроля их технического состояния. Установлено, что номенклатура диагностического комплекса не содержит этапа оценки изменений физико-механических характеристик под воздействием условий эксплуатации насосно-компрессорных труб (осевые нагрузки, циклические нагрузки, коррозия и т.д.).

Исследована взаимосвязь механических характеристик материала нефтегазового оборудования с его ресурсом. Рассмотрены существующие методики определения остаточного ресурса трубопроводов и вертикальных стальных резервуаров. Обработка данных методик свидетельствует о существенном влиянии физико-

механических характеристик материалов нефтегазового оборудования, в частности предела текучести на срок безопасной эксплуатации данного оборудования. Теоретические исследования влияния изменения значений механических свойств металла бурильных и насосно-компрессорных труб на их остаточный ресурс позволили установить, что наиболее влиятельным является изменение значений предела текучести металла σ_t , в частности, изменение σ_t на 15% приводит к изменению значений ресурса на 50% в то время, как предел прочности в процессе эксплуатации значительные изменения практически не испытывает. Обоснована актуальность применения многопараметрических методов для определения предела текучести по физическим признакам металла, а также применение в качестве одного из параметров контроля характеристик распространения ультразвуковых волн в металле бурильных и насосно-компрессорных труб как структурочувствительного.

Установлено наличие и характер зависимости между параметрами изображений акустических структурных шумов и границей текучести материала. Проведены экспериментальные исследования, результатом которых было получение уравнения регрессии для определения предела текучести материала путем использования твердости и информативного параметра изображений акустических структурных шумов (интегральной плотности).

Разработан новый способ контроля физико-механических характеристик с помощью ультразвуковых дефектоскопов с пьезопреобразователями с фазированной решеткой, что позволяет определять фактические значения σ_t металла труб неразрушающими методами.

Усовершенствован способ определения физико-механических характеристик, а именно σ_t , с учетом параметров акустических изображений структурных шумов и твердости, отличающийся от существующего использованием дополнительного информативного параметра, характеризующего изменения на микроструктурном уровне и это позволяет определять физико-механические характеристики с большей точностью.

Разработана технология оценки технического состояния бурильных и насосно-компрессорных на основе усовершенствованного метода определения предела текучести металла по измеренным значениям твердости и интегральной плотности изображений акустических структурных шумов. Проведена промышленная апробация, результаты которой свидетельствуют, что предельная основная погрешность определения предела текучести с помощью полученных зависимостей не превышает 5% относительно действительных значений, полученных испытанием исследуемых образцов труб на статическое растяжение

Ключевые слова: бурильные трубы, насосно-компрессорные трубы, физико-механические характеристики, предел текучести, фактическое техническое состояние, остаточный ресурс, техническая диагностика.

ANNOTATION

Chaban N.I. Improvement of method for drill pipes and tubing technical condition assessment. – Manuscript.

Thesis for the degree of candidate of technical sciences (PhD) in the specialty 05.05.12 – Machinery for oil and gas industry, – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, – Ivano-Frankivsk.

The thesis is aimed at improving the methods for assessing the actual technical condition of drill pipes and tubing material by examining new informative features of the pipe material, which can be used to detect defects in the pipe material at the microstructural level, and allow residual life predicting according to the results received.

The presence and nature of the relationship between the images parameters of acoustic structural noise and the yield strength of the material is established.

A new method has been developed for monitoring the physical and mechanical characteristics using the ultrasonic flaw detectors with piezoelectric transducers with phased arrays, which makes it possible to determine the actual values of metal pipes PMC by nondestructive methods.

The method for determining the physical and mechanical characteristics, namely, taking into account the parameters of structural noises' acoustic images and hardness, that differs from the existing one using an additional informative parameter characterizing the changes at the microstructural level, and this allows to determine the physical and mechanical characteristics with greater accuracy.

A methodology for determining the actual technical condition was developed and tested in industrial conditions on tubing, and their residual life was determined on the basis of these data.

Key words: drill pipes, tubing, physical and mechanical characteristics, yield strength, actual technical condition, residual life, technical diagnostics.