

622.376.054
3-60

**ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ**

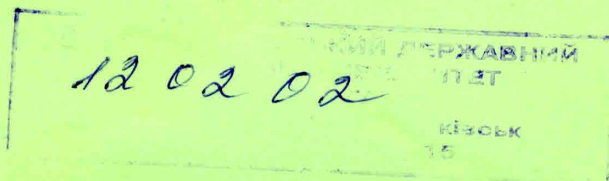
Зікратий Сергій Вікторович

УДК 622.24:681.3

**РОЗРОБКА МЕТОДУ ДІАГНОСТУВАННЯ
ЗАГЛИБНИХ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК
ДЛЯ ВИДОБУТКУ НАФТИ**

05.11.13. Прилади і методи контролю та визначення складу речовин

**АВТОРЕФЕРАТ
ДИСЕРТАЦІЇ НА ЗДОБУТТЯ НАУКОВОГО СТУПЕНЯ
КАНДИДАТА ТЕХНІЧНИХ НАУК**



Івано-Франківськ - 2002

Дисертацією є рукопис

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

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор

Заміховський Леонід Михайлович,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,

завідувач кафедри комп'ютерних технологій в системах управління та автоматики.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор

Семенов Георгій Никифорович,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,

завідувач кафедри автоматизації технологічних процесів і моніторингу в екології

кандидат технічних наук

Поважняк Олексій Іванович

ВАТ "Оріана", м.Калуш

керівник служби КВП і А



Провідна установа: ВАТ "Український нафтогазовий інститут"

Міністерства палива і енергетики України, м.Київ.

Захист відбудеться " 12 " березня 2002р. о 12.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д20.052.03 при Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу (вул.Карпатська, 15).

З дисертації
технічного
15).

о національного
вул.Карпатська,

Авторефе

Вчений с
кандидат

нчук М.М.

Актуальність теми. Проблема збільшення власного видобутку нафти, з метою зменшення залежності від зовнішніх джерел енергопостачання – важлива народногосподарська задача для України. Один з шляхів її вирішення – підвищення надійності і ефективності використання нафтовидобувного обладнання та скорочення витрат на його експлуатацію, що неможливе без застосування сучасних методів та засобів діагностування обладнання.

При експлуатації нафтових родовищ механізованим способом основний об'єм рідини, що видобувається, припадає на заглибні електроустановки для видобутку нафти - установки електровідцентрових насосів (УЕВН). Сьогодні в Україні, незважаючи на зменшення кількості свердловин, що експлуатуються за допомогою УЕВН, видобувається половина всієї нафти і більше 60% супутньої рідини. В основному установки ЕВН використовуються на родовищах Східної України. Так, по НГВУ “Чернігівнафтогаз” ними експлуатується 85% діючих свердловин.

Незважаючи на покращення якості експлуатації свердловин в останні роки значно ускладнилися умови експлуатації (збільшення глибини підвісу, значний вміст механічних домішок, значна обводненість пластової рідини та ін.), що призводить до скорочення терміну їх роботи. В зв'язку з цим мають місце багаточисельні відмови і аварії установок ЕВН, що обумовлені, зокрема, значним зносом робочих органів відцентрових насосів (ВН).

Як показав проведений аналіз, із методів діагностування за параметрами робочих процесів установки ЕВН: подачею, напором, потужністю, ККД і ін. (методи параметричної діагностики), жоден не знайшов промислового використання. Серед методів віброакустичної діагностики, які застосовуються на нафтопромислах, жоден не дозволяє визначити технічний стан ВН, а дає лише інтегральну оцінку в цілому по установці ЕВН. Таким чином, задача розробки методу діагностування безпосередньо ВН з метою підвищення надійності експлуатації і більш повного використання закладеного в них ресурсу, є актуальною і має важливе народногосподарське значення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тематика роботи є частиною планових науково-дослідних програм по розвитку нафтопромислового комплексу України і базується на результатах держбюджетних науково-дослідних робіт “Розробка теоретичних та методологічних принципів діагностики обладнання нафтогазового комплексу України”, частина науково-дослідної теми №45/1, номер державної реєстрації в УкрНДІНТІ № 01980005799 та “Діагностування стану технічних об'єктів на основі обмеженої інформації про переміщення точок їх поверхні”, частина науково-дослідної теми Д6-Ф, номер державної реєстрації в УкрНДІНТІ №0198U005799, де автор був виконавцем розділів, присвячених розробці методології діагностування УЕВН. Роботи входять в координаційний план Міністерства освіти і науки “Наукові основи розробки нових технологій видобутку нафти і газу, газопромислового обладнання, поглибленої переработки нафти і газу” з метою отримання високоякісних моторних



палив, мастильних матеріалів, допоміжних продуктів і нафтохімічної сировини". Вказаний план входить в національну програму "Нафта і газ України".

Мета роботи: підвищення надійності експлуатації та забезпечення більш повного використання ресурсу закладеного в установку ЕВН, шляхом розробки її діагностичного забезпечення (моделі, алгоритму, методу та технічних засобів).

Об'єкт дослідження – механізований спосіб видобутку нафти за допомогою установок ЕВН, при експлуатації яких виникають дефекти, що викликають як зміну технічного стану установки ЕВН, так і збільшення витрат споживаної електроенергії, що призводить до зниження ефективності процесу видобутку нафти та виникнення відмов.

Предметом дослідження є встановлення закономірностей зміни крутного моменту на валу заглибного електродвигуна (ЗЕД) установки ЕВН, обумовленого як зносом робочих органів ВН, так і впливом свердловинних факторів та розробка на їх основі діагностичного забезпечення установки ЕВН – моделі, алгоритму, методу та технічних засобів.

Методи дослідження. При розробці діагностичної моделі використовувалися методи електрогідравлічних аналогій, основні положення теорії електричних машин та теорії звичайних диференціальних рівнянь, а також методи теорії автоматичного управління та основні положення технічної діагностики.

При розробці технічного забезпечення експериментальних досліджень використовувалися методи раціонального планування експерименту, схеми- і системотехніки та основні положення теорії статистичних вимірювань. При аналізі результатів експериментальних досліджень і вирішенні задач розробки діагностичного забезпечення установок ЕВН, використовувалися: методи спектрального і кореляційного аналізу, основні положення теорії надійності технічної діагностики та методології проєктування систем діагностування.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у вдосконаленні методів діагностування установок ЕВН в процесі експлуатації і визначається наступними основними положеннями:

- вперше створена математична діагностична модель УЕВН, яка дозволяє описати зміну крутного моменту на валу ЗЕД, обумовленого впливом дефектів робочих органів відцентрового насоса (величиною зносу направляючих апаратів, робочих коліс, опорних шайб – нижніх і верхніх та захисних втулок валу);

- створена діагностична модель ЗЕД, відцентрового насоса та установки ЕВН в цілому, яка дозволяє визначити умови її працездатності;

- вперше встановлено закономірності зміни крутного моменту на валу ЗЕД, обумовлені впливом свердловинних факторів;

- встановлено, що напрацювання різних типорозмірів установок ЕВН до відмови на нафтопромислах Східної України описується експоненціальним законом розподілу і визначено

його параметри, що дозволило розрахувати показники ефективності розробленої системи діагностування;

- вперше встановлені закономірності зміни рівня гармонічних складових в спектрі крутного моменту на валу ЗЕД, обумовлені зносом робочих органів відцентрового насоса;
- виявлена діагностична ознака – відношення суми рівнів перших трьох гармонік до суми рівнів четвертої та п'ятої гармонік в спектрі крутного моменту, зміна якої характеризує ступінь зносу ВН і не залежить від типорозміру установок ЕВН.

Практичне значення отриманих результатів полягає в:

- розробці алгоритму діагностування установки ЕВН в процесі експлуатації, який покладено в основу методу діагностування;
- розробці методу діагностування, який дозволяє отримати об'єктивну і вірогідну інформацію про технічний стан установки ЕВН і на її основі оцінити величину енергетичних витрат на видобуток однієї тони нафти, тобто ефективність установки, та проводити ремонт за фактичною потребою;
- визначенні умови працездатності запропонованого методу – граничного значення діагностичної ознаки, до якого можна експлуатувати установки ЕВН;
- розробці системи діагностування установки ЕВН та її програмного забезпечення, яка дозволяє реалізувати розроблений метод;
- розрахунку показників ефективності розробленої системи діагностування, зокрема вірогідності діагностування $D=0,99$, що вказує на правильний вибір схемотехнічних рішень, закладених в систему діагностування.

Розроблений метод і технічні засоби пройшли промислову апробацію на свердловинах №50, 54, 204, 208 Скороходівського родовища НГВУ “Чернігівнафтогаз” і прийняті до подальшого впровадження.

Результати теоретичних і експериментальних досліджень використано в навчальному процесі – в робочій програмі дисциплін “Основи надійності та технічної діагностики”, “Методи і засоби діагностування об'єктів нафтогазового комплексу” і “Проектування систем діагностування”, які читаються для студентів спеціальності 7.091401 – “Системи управління та автоматики”.

Особистий внесок здобувача. Основні положення та результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. Проаналізовано сучасний стан діагностування установок ЕВН в процесі експлуатації, удосконалено діагностичну модель установки ЕВН з КНКТ [7] та розроблено діагностичну математичну модель відцентрового насоса [11], проведено стендові і промислові дослідження зміни крутного моменту на валу ЗЕД в залежності від технічного стану УЕВН [8], оцінено критерій організації розробленої системи діагностування [9]. В роботах

опублікованих в співавторстві: проаналізовані поступові відмови установок ЕВН і визначені параметри закону їх розподілу [12], змодельовано вплив виду зносу робочих органів відцентрового насосу на вібростан установки ЕВН [5], проаналізовані результати досліджень вібростану установок ЕВН в промислових умовах [1] і розроблені окремі напрямки зменшення рівня їх вібрацій [3]. Проведені обробка і аналіз результатів досліджень впливу свердловинних факторів на зміну крутного моменту на валу ЗЕД [10], та визначені умови працездатності установки ЕВН [6]. Розроблені функціональні структурні схеми системи контролю стану [2] та мікропроцесорної системи діагностування [4] установок ЕВН. Здобувач приймав безпосередню участь в проведенні стендових і промислових досліджень та промисловій апробації розроблених методу і технічних засобів.

Апробація результатів досліджень. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на XII, XIII, XIV, XV, XVI, XVII, XVIII Міжнародних міжвузівських школах семінарах “Методи і засоби технічної діагностики” (м. Івано-Франківськ, 1995, 1997, 1999, 2001 р.р.), (м. Йошкар-Ола – 1996, 1998, 2000 р.р.); науково-технічній конференції “Контроль і управління в технічних системах ” (м. Вінниця, 1995 рік); 6-тій Міжнародній науково-практичній конференції „Нафта і газ України – 2000” (м. Івано-Франківськ, 2000 рік); науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (1996, 1997, 1999 р.р.); наукових семінарах кафедри комп’ютерних технологій в системах управління та автоматики (1996 – 2001 р.р.).

Публікації. За результатами досліджень, які викладені в дисертації опубліковано 11 робіт з них 4 одноосібних.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, п’яти розділів, висновків, додатків, викладених на 130 сторінках тексту, 38 рисунків, 9 таблиць, списку використаних джерел, що містить 98 найменувань та 10 додатків на 42 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовується актуальність теми дисертації, показано зв’язок з науковими програмами, планами, темами, сформульовані мета та задачі дослідження, подані наукова новизна та практичне значення отриманих результатів. Визначений особистий внесок здобувача та приведена інформація про апробацію результатів роботи.

У першому розділі досліджено умови виникнення поступових відмов установок ЕВН на нафтопромислах Східної України, обґрунтовано вибір закону розподілу відмов та визначено його параметри. Встановлено, що більш ніж в 50% випадків причиною поступових відмов установки

ЕВН є відмова ВН, обумовлена зносом його робочих органів. Останній визначається, в основному, значним вмістом механічних домішок та рівнем вібрацій УЕВН з колоною НКТ, тобто їх вібростаном.

Критичний аналіз сучасного стану проблеми діагностування установок ЕВН в процесі експлуатації показав, що її вирішення проводять за двома окремими напрямками. Перший – діагностування стану установки ЕВН за параметрами її вихідних робочих процесів: величиною подачі, ККД, споживаним установкою струмом і ін. Другий – за параметрами супутніх процесів: за характеристиками вібраційних процесів, що супроводжують роботу ЕВН, та за температурою ЗЕД.

Встановлено, що сьогодні найбільш широке промислове використання знайшли методи вібродіагностики установок ЕВН з колоною НКТ, методологічні основи яких детально розроблені. Однак методи вібродіагностики не дозволяють визначити технічний стан установок ЕВН на рівні її основних вузлів – ВН і ЗЕД, а дають лише інтегральну оцінку технічному стану установки ЕВН з колоною НКТ. Стосовно методів першого напрямку, то жоден з них не знайшов практичного застосування.

Показана перспективність використання в якості діагностичної ознаки крутного моменту на валу ЗЕД, оскільки будь-які відхилення в роботі ВН, викликані зміною технічного стану його робочих органів, будуть викликати зміну величини крутного моменту. Однак сьогодні відсутні дослідження взаємозв'язку величини крутного моменту на валу ЗЕД із зміною розмірів робочих органів (зносом робочих коліс, направляючих апаратів, верхніх і нижніх опорних шайб, направляючих втулок валу), а також впливу свердловинних факторів і вібростану установок ЕВН на зміну крутного моменту, що стримує розробку нового методу. Проведений аналіз існуючих засобів контролю крутного моменту на валу ЗЕД показав можливість їх використання для вирішення поставлених в роботі задач.

На підставі проведеного аналізу сучасного стану проблеми сформульовано мету і завдання дисертаційної роботи.

У другому розділі розглянуті теоретичні основи методу діагностування установок ЕВН за величиною крутного моменту на валу ЗЕД. Враховуючи, що важливим етапом при створенні системи діагностування складних об'єктів є створення діагностичної моделі об'єкту, яка дозволяє аналізувати вплив дефектів об'єкту на вибрані діагностичні ознаки, особлива увага приділена розробці діагностичної моделі ВН.

Враховуючи, що гідромеханіка відцентрового насосу багато в чому базується на емпіричних стохастичних формулах, що не допускають ефективного використання ЕОМ, для моделювання режимів роботи ВН було використано електрогідрравлічну аналогію, що базується на системному переносі теорії електричних кіл в гідравліку.

Застосовуючи принципи електрогідравлічної аналогії отримана наступна схема заміщення ВН (рис. 1),

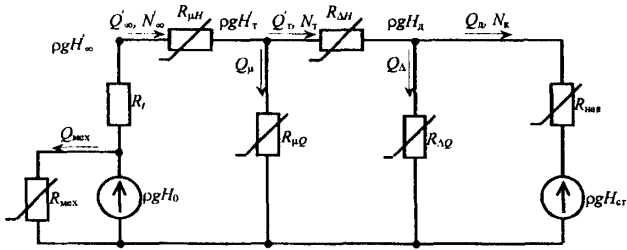


Рис. 1. Схема заміщення електровідцентрового насоса

де H_∞ , Q_∞ , N_∞ – напір, витрата та потужність насоса, що працює без будь-яких втрат (ідеальний насос); H_τ , Q_τ , N_τ – напір, витрата та потужність насосу з врахуванням втрат від скінченної кількості лопаток (теоретичний насос); H_Δ , Q_Δ , N_Δ – напір, витрати та потужність реального ВН; Q_μ , Q_Δ – об’ємні втрати рідини, спричинені відповідно скінченною кількістю лопаток K_μ та зворотними зв’язками через ущільнення; $Q_{\text{мех}}$ – об’ємні втрати рідини, що відповідають механічним втратам енергії; R_t – внутрішній гідравлічний опір реального ВН; $R_{\text{мех}}$ – нелінійний опір, що відображає механічні втрати енергії; $R_{\mu Q}$, $R_{\mu H}$ – нелінійні опори, що відображають вплив скінченної кількості лопаток на витрату і напір насосу; $R_{\Delta Q}$, $R_{\Delta H}$ – нелінійні опори, що відображають об’ємні та гідравлічні втрати енергії; H_0 – напір на виході реального ВН в режимі холостого ходу ($Q=0$); H_{ct} – статичний напір в зовнішньому трубопроводі; Q_μ , Q_Δ – об’ємні втрати рідини спричинені, відповідно, скінченною кількістю лопаток K_Δ та зворотними зв’язками через ущільнення; $Q_{\text{мех}}$ – об’ємні втрати рідини, що відповідають механічним втратам енергії; R_t – внутрішній гідравлічний опір реального ВН; $R_{\text{мех}}$ – нелінійний опір, що відображає механічні втрати енергії; $R_{\mu Q}$, $R_{\mu H}$ – нелінійні опори, що відображають вплив скінченної кількості лопаток на витрату і напір насосу; $R_{\Delta Q}$, $R_{\Delta H}$ – нелінійні опори, що відображають об’ємні та гідравлічні втрати енергії; H_0 – напір на виході реального ВН в режимі холостого ходу ($Q=0$); H_{ct} – статичний напір в зовнішньому трубопроводі.

Параметри ідеального та теоретичного ВН, що функціонально пов’язані схемою заміщення з параметрами реального ВН, позначені з індексом “ ∞ ”, оскільки в режимі холостого ходу для реального ВН витрата Q_∞^{xx} буде відмінна від нуля (мають місце витрати Q_μ^{xx} та Q_Δ^{xx}), тоді як для ідеального ВН дана витрата рівна нулю. Аналогічно в режимі “обриву” напірного тракту напір реального ВН $H_\infty^{\text{обр}} > 0$, на відміну від такого ж режиму ідеального ВН (в якому $H_\infty^{\text{обр}} = 0$).

На основі схеми заміщення записано систему рівнянь в системі відносних одиниць, коли всі величини, які характеризують роботу насоса виражаються в частках від номінальних значень цих

параметрів, що широко використовується в теорії електричних машин, та дозволяє спростити аналіз режимів роботи насосу.

В результаті розв'язку системи рівнянь отримано напірну характеристику насосу та, відповідно, залежність крутного моменту від подачі установки, що визначається через параметри схеми заміщення, які, в свою чергу, – через конструктивні та режимні параметри установки. Вказане дозволило пов'язати конструктивні і режимні параметри установки з величиною крутного моменту на валу ЗЕД, та отримати залежності зміни крутного моменту на валу ЗЕД від різної величини зносу робочих органів ВН.

Установка ЕВН вважається працездатною, якщо вона може виконувати поставлені перед нею задачі.

Аналіз працездатності УЕВН передбачає визначення умов працездатності та вибір сукупності величин, які дозволяють перевірити ці умови працездатності та визначити метод їх контролю.

Умови працездатності УЕВН визначено на основі аналізу її моделі, як обмеження на зміну динамічних параметрів ОД.

Оскільки установку ЕВН можна вважати безперервним лінійним об'єктом, то умови працездатності в загальному випадку можуть бути задані як обмеження на переміщення полюсів і нулів в комплексній площині.

З метою визначення умов працездатності побудовано передавальну функцію установки ЕВН.

Для цього установку ЕВН представили як послідовне з'єднання ЗЕД, гідрозахисту та ВН. Вхідною величиною для ЗЕД є напруга на статорі, а вихідною – кутова швидкість вала. Остання, в свою чергу, є вхідною величиною ВН, для якого вихідною величиною є подача. Передавальну функцію гідрозахисту, який складається із компенсатора і протектора, не враховуємо, оскільки він лише передає крутний момент від ЗЕД до ВН і служить, в основному, запобіганню попадання свердловинної рідини у внутрішню порожнину ЗЕД і компенсації температурних об'ємів масла.

Для приводу ВН використовується спеціальний вертикальний асинхронний двополосний електродвигун вертикального виконання, який наближено можна представити аперіодичною ланкою

$$W_n(p) = \frac{k_1}{T_m p + 1}$$

з динамічними параметрами

$$T_m = \frac{J}{\left(\frac{\partial M_o}{\partial \omega}\right)_0 - \left(\frac{\partial M_n}{\partial \omega}\right)_0} = \frac{J}{\beta_{\omega 0} - \beta_{\omega n}}, \quad k_1 = \frac{\left(\frac{\partial M_n}{\partial \alpha}\right)_0}{\left(\frac{\partial M_o}{\partial \omega}\right)_0 - \left(\frac{\partial M_n}{\partial \omega}\right)_0} = \frac{k_m}{\beta_{\omega 0} - \beta_{\omega n}},$$

де M_0 – момент опору, Н·м; β_d, β_c – жорсткості механічної характеристики двигуна і моменту опору, Н·м/рад; α – параметр управління (вхідна величина); k_m – коефіцієнт чутливості двигуна по моменту до змін вхідної величини; J – момент інерції двигуна.

На основі аналізу процесів, що проходять у ВН, та приймаючи за вхідну величину швидкість обертання його валу, а за вихідну – подачу, ВН можна представити підсилюючою ланкою.

$$W_n(p) = k_2,$$

де k_2 – коефіцієнт, що визначається конструктивними параметрами ВН.

Отже, УЕВН можна представити у вигляді системи послідовного з'єднання двох ланок, охоплених одиничним від'ємним зворотнім зв'язком, з передавальною функцією

$$W(p) = \frac{W_n(p)W_u(p)}{1 + W_{об}(p)W_n(p)W_u(p)} = \frac{k_1 k_2}{T_m p + k_1 k_2 + 1}.$$

Умову працездатності на комплексній площині задано у вигляді:

$$|p_1 - p_{01}| \leq \delta,$$

де p_{01} – ідеальний корінь характеристичного рівняння УЕВН $T_m p + k_1 k_2 + 1 = 0$; δ – допустиме відхилення кореня характеристичного рівняння;

Аналіз в комплексній площині і формування умов працездатності, як вимога знаходження коренів передавальної функції в заданій області, дозволяє на основі методу малого параметру здійснити перехід до задання умов працездатності в області параметрів (технічний стан ВП), що контролюються.

У третьому розділі розглядається методичне, технічне і програмне забезпечення експериментальних досліджень впливу технічного стану ВН – зносу його робочих органів на величину крутного моменту на валу ЗЕД в стендових та промислових умовах.

Стендові дослідження проводилися на базі прокатно-ремонтного цеху ВАТ „Укрнафта” (м.Варва) з використанням відібраних установок ЕВН5-50 та ЕВН5-80, як найбільш поширених, що мали різний період напращовання і, відповідно, технічний стан. При дослідженні використовувалася спеціально оснащена відповідними технічними засобами свердловина. Промислові дослідження проводилися на нафтопромислах НГВУ „Чернігівнафтогаз” на свердловинах, вибір яких був обґрунтований поставленими в роботі задачами і у відповідності з затвердженою керівництвом НГВУ програмою.

Методика проведення експериментальних досліджень забезпечила вивчення впливу величини зносу робочих органів ВН та свердловинних факторів на величину крутного моменту на валу ЗЕД для різних типорозмірів установок ЕВН.

Для забезпечення проведення досліджень, згідно з поставленими задачами, була розроблена інформаційно-вимірювальна система “ІВС-ЗЕУ”, що складається з наступних функціонально завершених блоків: вимірювального блоку ВБ, мультиплексора МтП, АЦП та мікропроцесорного пристрою, в якості якого використовувалася ПЕОМ класу АТ386. Вимірювальний блок призначений для вимірювання споживаної потужності і складається з трьох давачів струму та трьох давачів напруги по одному на кожен фазу.

В якості первинних перетворювачів використано вимірювальні трансформатори напруги та струму з відповідними нормуючими пристроями для забезпечення знаходження вихідного сигналу в діапазоні до ± 5 В.

Процес вибору вимірювального каналу, аналогово-цифрового перетворення та запису оцифрованих відліків у файл здійснюється під керуванням спеціально розробленої сервісної асемблер-програми. Вибірка відліків з каналів вимірювання споживаної потужності здійснюється з частотою 2000 Гц на канал. Розроблене на базі пакету TurboC програмне забезпечення “ІВС-ЗЕУ” забезпечує оперативне обчислення крутного моменту на валу ЗЕД, через споживану установкою ЕВН потужність з врахуванням всіх її втрат та представлення отриманих даних у вигляді графіків крутного моменту. Розроблене допоміжне програмне забезпечення (на базі пакету TurboC) дозволяє оперативно переглядати отриманий файл первинної вибірки з представленням графіків напруги та струму в кожній фазі системи живлення установки та перетворювати файл первинної вибірки в формат ASCII для детальніших досліджень з використанням пакетів MathCad та MatLab.

Встановлено, що обчислені значення крутного моменту на валу ЗЕД описуються нормальним законом розподілу, параметри якого визначаються типорозміром та технічним станом установки. Так, для установок типу EBH5-50-1800 параметри закону розподілу вимірюваних значень крутного моменту в залежності від технічного стану установки та впливу свердловинних факторів, знаходяться в межах: середнє значення моменту від 70 до 100 Н·м, а середньоквадратичне відхилення від 0,108 до 0,3 Н·м.

У четвертому розділі приводиться аналіз результатів експериментальних досліджень впливу стану робочих органів ВН і свердловинних факторів на зміну крутного моменту на валу ЗЕД та розроблений на їх основі метод діагностування стану установок ЕВН.

Дослідження впливу свердловинних факторів на характер зміни крутного моменту на валу ЗЕД здійснено, в основному, на основі результатів експериментів, проведених на нафтових родовищах НГВУ “Приобнафта”, ВАТ “Нижневартовськнафтогаз” по дослідженні впливу напруги живлення на вібраційний стан установок ЕВН, проведених під керівництвом проф. Заміховського Л.М. Експерименти проводилися на установках УЕВН5А-500-1000 із двигуном ЗЕД125-117, які широко застосовуються на нафтопромислах Західного Сибіру. Для аналізу були відібрані свердловини з найбільш характерним проявом одного з свердловинних факторів (утворення

газової пробки, значний газовий фактор, різке збільшення піску в свердловинній рідині, наявність шламу та ін.) (рис.2).

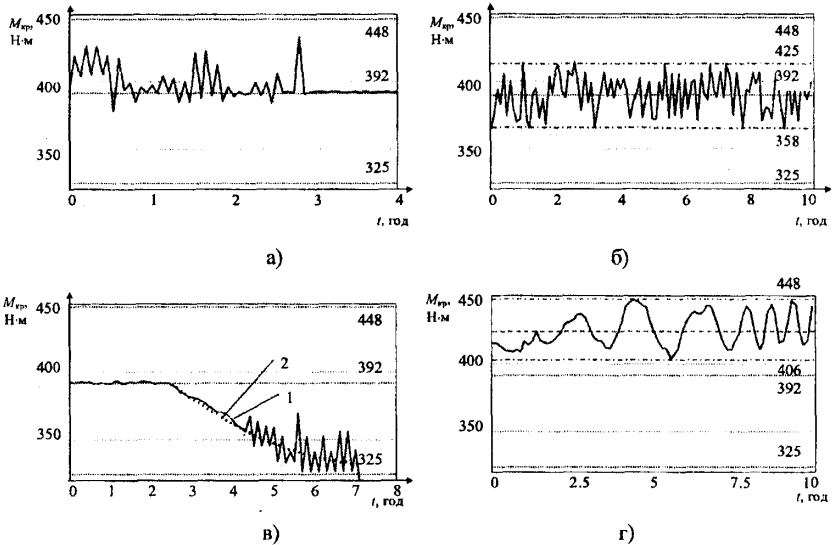


Рис. 2 Моментограми роботи установки ЕВН при: а) наявності шламів на вибої свердловин; б) газовому факторі; в) утворенні газової пробки; г) плаваючому навантаженні (1 – експериментальна крива, 2 – апроксимуюча крива).

Як видно з рис.2, різні фактори по різному впливають на зміну крутного моменту, причому величина крутного моменту на валу ЗЕД може як зменшуватися, так і зростати, або коливатися навколо середнього значення. Встановлені закономірності зміни крутного моменту під дією свердловинних факторів, що дозволяють проводити ідентифікацію останніх на основі вимірювання крутного моменту.

Встановлено, що ідентифікацію свердловинних факторів можна проводити за зміною середнього значення крутного моменту.

Дослідження впливу зносу робочих органів ВН на величину крутного моменту показали, що при їх зношенні крутний момент знижується. При значному зносі також спостерігається і коливання крутного моменту (пульсуюча подача). Для насоса з повністю зношеними робочими органами величина крутного моменту становить близько половини номінального значення (табл.1). Отже, при зношенні робочих органів ВН величина крутного моменту змінюється аналогічно, як при зниженні динамічного рівня в свердловині, тому для пошуку додаткових ознак запропоновано застосувати апарат спектрального аналізу, оскільки миттєве значення крутного моменту на валу ЗЕД є непервною функцією часу.

Встановлено, що основною гармонікою спектру крутного моменту є гармоніка частотою $f_0 = 100$ Гц та її гармонічні складові $2f_0, 3f_0, 4f_0, 5f_0$, а також субгармонічні складові кратності $\frac{1}{2}f_0, \frac{1}{4}f_0$. Основна енергія спектру зосереджена в смузі 0-600 Гц, поява складових в діапазоні 800-900 Гц обумовлюється впливом електромагнітної вібрації ЗЕД. При цьому найбільшу амплітуду мають складові $f_0, 2f_0, 3f_0$ (рис. 3).

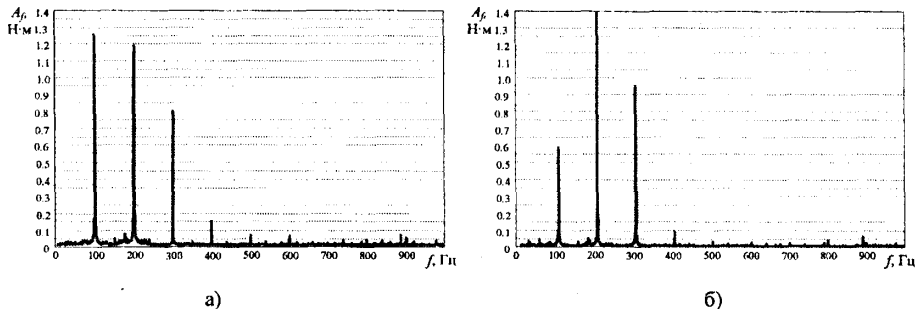


Рис.3 Спектрограми крутного моменту нового (а) та насосу із зношеними робочими органами (б) типу ЕВН5-50-800

Порівнюючи отримані спектри виявлено, що зносіві явища в ВІ мають значний вплив також і на спектральний склад крутного моменту та призводять до перерозподілу спектральної енергії між складовими. Так, повний знос робочих органів ВІ типу ЕВН5-50 викликає зростання амплітуди основної гармоніки на 21% при незначному зниженні амплітуд другої та третьої гармонік в межах 8%. В спектрі також додатково з'явилися субгармонічні складові $\frac{1}{2}f_0, \frac{1}{4}f_0$.(табл.1)

Таблиця 1

Залежність рівня спектральних складових у спектрі крутного моменту та його середнього значення від стану ВІ типу ЕВН5-50-800

Технічний стан насоса	Момент, Н·м	Рівень спектральних складових, Н·м								
		f_0	$2f_0$	$3f_0$	$4f_0$	$5f_0$	$6f_0$	$7f_0$	$8f_0$	$9f_0$
– новий	38,171	1,14	1,18	0,6	0,16	0,06	0,056	0,014	0,035	0,078
– ремонтний	32,719	1,135	1,133	0,399	0,151	0,03	0,042	0,025	0,049	0,064
– з промислу (50% знос робочих органів)	29,408	0,584	1,388	0,974	0,096	0,029	0,026	0,018	0,038	0,061
– з промислу (100% знос робочих органів)	19,354	2,171	1,026	0,534	0,085	0,033	0,03	0,018	0,039	0,07

Отримані результати підтверджуються і промисловими дослідженнями (табл.2), коли на значення крутного моменту впливають також і свердловинні фактори. Показано, що з ростом напруження установки ЕВІ відбувається зростання амплітуди першої гармоніки спектру

крутного моменту при зниженні рівня другої.

Таблиця 2

Залежність рівня спектральних складових у спектрі крутного моменту та його середнього значення для установок EBH5-5-2000 з різним терміном напрацювання

№ Св.	$T_{\text{напр}}$, дБ	Обвод. %	$M_{\text{кр}}$, Н·м	Спектральні складові									Примітка
				f_0	$2f_0$	$3f_0$	$4f_0$	$5f_0$	$6f_0$	$7f_0$	$8f_0$	$9f_0$	
90	4	60	82,683	1,46	0,68	0,66	0,06	0,16	0,065	0,04	0,02	0,105	
50	12	45	72,855	3,1	0,42	0,84	0,07	0,16	0,03	0,05	0,04	0,7	
204	19	50	78,398	2,2	0,8	0,24	0,08	0,12	0,16	0,03	—	0,04	
208	57	80	77,426	2,36	0,53	0,63	0,093	0,081	0,026	0,036	0,028	0,68	Підвищена електромагнітна вібрація двигуна
54	413	30	72,424	3,19	0,3	0,7	0,08	0,06	0,035	0,03	0,11	0,96	Аналогічно

На основі аналізу стендових та промислових досліджень встановлено, що контролювати знос робочих органів ВН найбільш раціонально на основі спостережень за зміною спектральних складових спектру крутного моменту на валу ЗЕД, в той час, як контроль за середнім значенням крутного моменту дозволить виявити прояви різних свердловинних факторів. В той же час відмічено, що контроль рівня лише якоїсь окремої складової спектру не дозволяє якісно діагностувати стан ВН. На основі аналізу рівнів спектральних складових спектру крутного моменту запропонована узагальнена діагностична ознака стану ВН – відношення суми рівнів першої, другої та третьої гармоніки до суми рівнів четвертої та п'ятої гармонік, яку було покладено в основу розробленого методу діагностування ВН:

$$\Xi = \frac{A_{f_0} + A_{f_1} + A_{f_2}}{A_{f_3} + A_{f_4}},$$

де A_{f_i} – рівні відповідних спектральних складових, $i = \overline{0,4}$.

Зміна рівня діагностичної ознаки від зміни технічного стану установок EBH різних типорозмірів наведена в табл.3.

Таблиця 3

Зміна рівня діагностичної ознаки від зміни технічного стану установок EBH

Технічний стан насоса	Рівень спектральних складових, Н·м					Значення діагностичної ознаки
	f_0	$2f_0$	$3f_0$	$4f_0$	$5f_0$	
EBH5-50-800:						
– новий	1,14	1,18	0,6	0,16	0,06	14,73
– ремонтний	1,135	1,133	0,399	0,151	0,03	15,74
– з 50% зносом робочих органів	0,584	1,388	0,974	0,096	0,029	24,57
– з повністю зношеними робочими органами (100%)	2,171	1,026	0,534	0,085	0,033	32,6
EBH5-50-1000:						
– новий	1,9	0,72	0,61	0,176	0,044	15,74
– ремонтний	1,44	0,64	0,51	0,11	0,06	16,25
– з 30% зносом робочих органів	1,64	0,8	0,28	0,11	0,05	18,0
EBH5-50-1800 з 30% зносом робочих органів	2,544	1,02	0,46	0,15	0,08	18,4

Проведено порівняння результатів моделювання впливу зносу робочих органів ВН на величину крутного моменту із промисловими результатами (рис.4). Згідно результатів моделювання для установок ЕВН, які експлуатувалися в свердловинах Скороходи 66 (дебіт 65 м³/добу) та 52 (дебіт 60 м³/добу), значення крутного моменту становить відповідно 78,1 Н·м та 84,2 Н·м, що відповідає зносу робочих органів більше 15% для першої установки (Скороходи 66) та менше ніж 5% для другої (Скороходи 52) (рис.4). Порівняння з вимірними значеннями крутного моменту показує їх високу кореляцію між собою (табл.4). Крім того, вимірне значення діагностичної ознаки підтверджує результати моделювання. Таким чином, розроблена діагностична модель ВН адекватно описує вплив зносу робочих органів ВН на величину крутного моменту.

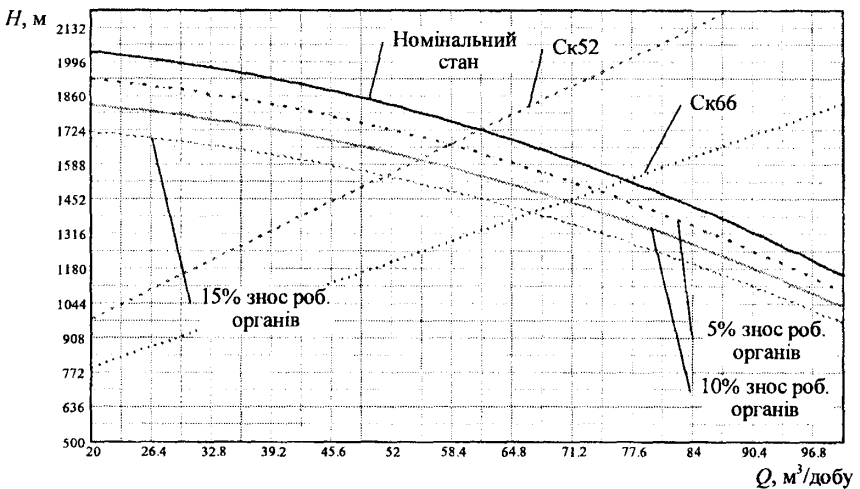


Рис.4. Напірні характеристики установки УЕВН5-50-1800 з різним технічним станом ВН та умовні характеристики свердловин Скороходи 66 та 52

Таблиця 4

Порівняння результатів моделювання залежності крутного моменту від технічного стану ВН типу ЕВН5-50-1800 з промисловими даними

Номер свердловини	Дебіт, м ³ /добу	Розрахункове значення $M_{кр.роз.}$, Н·м	Вимірне значення $M_{кр.вим.}$, Н·м	Значення $DO \cong$
Свердловина 66	65	78,1	77,2	25,9
Свердловина 52	60	84,2	83,4	15,4

В п'ятому розділі розглядаються питання розробки системи діагностування (СД) стану установок ЕВН на основі запропонованого методу.

Базуючись на результатах зміни діагностичної ознаки в часі, обґрунтовано вибір робочого періодичного діагностування з регулярним періодом, на основі чого розроблено конфігурацію СД, яка складатиметься з блоку первинних перетворювачів, блоку комутації каналів та переносного мікропроцесорного блоку обробки результатів вимірювання (на базі ПЕОМ тилу „NoteBook”).

Блок первинних перетворювачів складатиметься з трьох давачів напруги на основі ефекту Хола типу CV3 та трьох давачів струму типу HAS з вихідним сигналом у вигляді напруги. Порівняно низька вартість при достатній точності таких давачів дозволяє встановити їх на кожній свердловині стаціонарно, оскільки їх монтаж вимагає зупинки роботи установки ЕВН, що негативно впливає на її технічний стан. Похибка цих давачів не перевищує 1% від вимірюваного значення. Вихідний роз'єм блоку первинних перетворювачів необхідно вивести на передню панель шафи управління УЕВН.

Така роздільна конструкція забезпечує під'єднання мікропроцесорного блоку для діагностування стану установки ЕВН без її зупинки.

Розроблено структурну схему блоку комутації каналів з управлінням через LPT-порт, що дозволяє програмним шляхом керувати комутацією каналів.

При проєктуванні СД установок ЕВН на основі розробленого алгоритму діагностування важливою задачею є організація взаємодії всіх елементів системи, що беруть участь в процесі діагностування і від яких залежить її якість. Оскільки в процесі діагностування в загальному випадку беруть участь три елементи (об'єкт діагностування, технічні засоби діагностування (ТЗД) і людина-оператор), то для вирішення задачі організації СД необхідно вибрати критерій, який враховує показники всіх цих елементів.

За критерій організації СД установок ЕВН використано показник готовності Π_r , який визначає ймовірність того, що об'єкт є працездатним в довільний момент часу та, відповідно, отримано його аналітичний вираз і встановлено, що при періодичному діагностуванні оптимальний період діагностування для умов НГВУ “Чернігівнафтогаз” становить 86 год (3,5 доби) (рис.5).

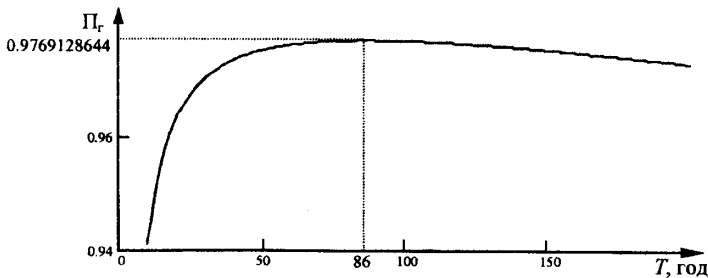


Рис.5. Залежність показника готовності Π_r СД від періоду діагностування T

Проведено оцінку ефективності розробленої СД. Встановлено, що вірогідність контролю за допомогою розробленого методу та технічних засобів становить 0,99.

Розроблений метод діагностування УЕВН разом з технічними засобами прийнятий до впровадження в НВГУ “Чернігівнафтогаз”.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

1. Вперше встановлені закономірності напрацювання установок ЕВН по типорозмірах і нафтових родовищах НВГУ “Чернігівнафтогаз” та визначено закон розподілу відмов і його параметри, що дозволило обґрунтувати необхідність розробки методу діагностування конкретного вузла установки – ВН.

2. На основі аналізу сучасного стану діагностування установок ЕВН встановлено, що існуючі методи не дозволяють діагностувати стан окремих вузлів, а дають інтегральну оцінку стану по установці ЕВН в цілому та обґрунтована необхідність в розробці методу діагностування ВН в процесі експлуатації.

3. Базуючись на використанні методу електрогідравлічних аналогій створено діагностичну модель ВН, яка дозволяє описати зміну крутного моменту на валу ЗЕД, обумовленого впливом зносу робочих органів ВН (робочих коліс, направляючих апаратів, захисних втулок та опорних шайб).

4. Розроблено діагностичну модель установки ЕВН у вигляді передавальної функції, на основі якої було визначено умови працездатності установки в області динамічних параметрів шляхом обмеження переміщення коренів характеристичного рівняння.

5. З метою оперативного і ефективного проведення комплексу експериментальних досліджень закономірностей зміни крутного моменту на валу ЗЕД, обумовленого впливом зносу робочих органів ВН розроблено:

- методичне забезпечення, яке дозволяє здійснити весь комплекс стендових і промислових досліджень;

- технічне забезпечення – мікропроцесорну інформаційно-обчислювальну систему, яка дозволяє проводити збір і обробку результатів експериментів в реальному масштабі часу і забезпечує їх вірогідність;

- програмне забезпечення – з використанням пакетів прикладних програм на базі пакетів TurboAssembler, TurboC, які забезпечують роботу системи, оперативну обробку і представлення даних експериментів у вигляді графіків.

6. Встановлені закономірності зміни крутного моменту на валу ЗЕД, обумовлені впливом свердловинних факторів (утворення газової пробки, значний газовий фактор, наявність шламу,

різке збільшення механічних домішок і ін.), що дозволяє проводити їх ідентифікацію на основі вимірювання середнього значення крутного моменту в процесі експлуатації установок ЕВН.

7. Встановлено, що не існує закономірності конкретних гармонічних, субгармонічних чи спектральних складових у спектрі крутного моменту, які б однозначно характеризували величину зносу робочих органів ВН. Останнє вимагає обґрунтованого вибору ДО стану ВН.

8. Вибрана і експериментально обґрунтована ДО – відношення суми рівнів першої, другої та третьої гармонік до суми рівнів четвертої та п'ятої гармонік спектру крутного моменту та встановлено межі її зміни, на основі чого розроблено алгоритм і метод діагностування ВН в процесі експлуатації.

9. Порівняння результатів моделювання крутного моменту на валу ЗЕД по конкретних свердловинах і установках ЕВН, проведених з використанням розробленої діагностичної моделі з реальними промисловими даними, вказує на адекватність діагностичної моделі (похибка не перевищує 8,0%).

10. Обґрунтовано конфігурацію системи діагностування ВН, визначено показник її готовності та проведена оцінка ефективності розробленої СД – вірогідність контролю становить 0,99.

11. Проведена промислова апробація розробленого методу та системи діагностування ВН на нафтопромислах НГВУ "Чернігівнафтогаз", результати якої підтвердили їх високу ефективність.

ПУБЛІКАЦІЇ ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Замиховский Л.М., Зикратый С.В., Савюк Л.О. Исследование вибросостояния системы "УЭЦН-КНКТ" в промышленных условиях //Деп. в ГНТБ Украины 01.06.95 №1370-Ук95.

2. Замиховський Л.М., Зікратий С.В. Система контролю технічного стану установок ЕВН в процесі експлуатації //Тези доп. 3-ої міжнарод. наук.-техн. конф. "Контроль і управління в технічних системах" – Вінниця, 1995.

3. Замиховський Л.М., Зікратий С.В. Розробка напрямку зменшення вібрації електроустановок для видобутку нафти //Тези доп. наук.-техн. конф. проф.-виклад. складу ІФДТУПГ – Івано-Франківськ, 1995.

4. Замиховський Л.М., Зікратий С.В. Мікропроцесорна система діагностування електроустановок для видобутку нафти //В зб.: Методи і засоби технічної діагностики.– Івано-Франківськ, 1995

5. Заміховський Л.М., Зікратий С.В. Математичне моделювання крутильних та поздовжніх коливань системи "УЕВН-КНКТ" //В зб.: Методи і засоби технічної діагностики.– Івано-Франківськ, 1997

6. Заміховський Л.М., Зікратий С.В. Определение условий работоспособности установки ЭЦН //В сб.: Методы и средства технической диагностики.– Йошкар-Ола, 1998.

7. Зікратий С.В. Вдосконалення діагностичної моделі системи "УЕВН-КНКТ" //Методи та прилади контролю якості.– №2.– Івано-Франківськ, 1998

8. Зікратий С.В. Дослідження впливу технічного стану установок ЕВН на величину крутного моменту на валу ЗЕД //Міжвід.наук.техн.збірка: Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Серія: Методи і засоби технічної діагностики м.Івано-Франк., 1999. вип.36 (т.8).– С.

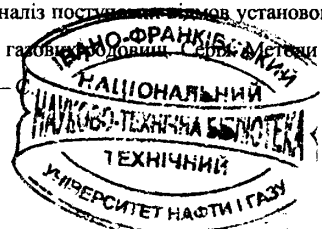
9. Зікратий С.В. Оцінка ефективності системи діагностування установок ЕВН для видобутку нафти за енергетичними параметрами //Нафта і газ України. Збірник наукових праць: Матеріали 6-тої Міжнародної наук.-практ. конф. "Нафта і газ України – 2000". Івано-Фр., 31 жовтня – 3 листопада 2000 року.: У 3-х томах.– Івано-Фр.: Факел, 2000. – т.3.– 412 с.

10. Заміховський Л.М., Зікратий С.В. Дослідження впливу свердловинних факторів на ефективність експлуатації установки ЕВН та зміну крутного моменту на валу ЗЕД //Міжвід.наук.техн.збірка: Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Серія: Технічна кібернетика та електрифікація об'єктів паливно-енергетичного комплексу м.Івано-Франк., 2001. вип.37 (т.6).– С.194-200.

10. Зікратий С.В. Математичне моделювання технічного стану установки ЕВН //Міжвід.наук.техн.збірка: Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Серія: Методи і засоби технічної діагностики м.Івано-Франк., 2000. вип.37 (т.8).– С.

11. Жидецька О.Л., Зікратий С.В. Умови виникнення і аналіз поштових режимів установок ЕВН //Міжвід.наук.техн.збірка: Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Серія: Методи і засоби технічної діагностики м.Івано-Франк., 2001. вип.38 (т.8).– С.

АНОТАЦІЯ



Зікратий С.В. Розробка методу діагностування заглиблених електроустановок для видобутку нафти. – Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.13 – Прилади і методи контролю та визначення складу речовин. – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, 2002.

Дисертація присвячена розробці методу діагностування заглиблених електроустановок для видобутку нафти, що базується на оцінці крутного моменту на валу заглиблених електродвигунів. Розроблена діагностична модель відцентрового насоса, обґрунтовано вибір діагностичної ознаки

його стану, на основі якої розроблено алгоритм і метод діагностування. Визначено умови працездатності розробленого методу. Розроблено систему діагностування, визначено критерій її організації та проведена оцінка ефективності.

Основні результати роботи знайшли промислове впровадження на нафтовидобувному підприємстві НГВУ „Чернігівнафтогаз”, а також в навчальному процесі.

Ключові слова: крутний момент, технічний стан, технічна діагностика, дефекти, діагностична ознака, відцентровий насос.

АННОТАЦИЯ

Зикратый С.В. Разработка метода диагностирования установок погружных электроцентробежных насосов для добычи нефти. – Рукопись. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля и определения состава веществ.– Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Ивано-Франковск, 2000.

Диссертация посвящена разработке метода диагностирования погружных электроустановок для добычи нефти, который базируется на оценке крутящего момента на вале погружного электродвигателя. Разработана диагностическая модель центробежного насоса, обосновано выбор диагностического признака его состояния, на основе которого разработано алгоритм и метод диагностирования. Определены условия работоспособности разработанного метода. Разработано систему диагностирования, определен критерий ее организации и проведена оценка эффективности.

Основные результаты работы нашли промышленное внедрение на нефтедобывающем предприятии НГДП «Чернигофнефтегаз», а также в учебном процессе.

Диссертация состоит из введения, пяти разделов и приложений.

Во *вступлении* обоснована актуальность работы, сформулированы цели и практическая ценность работы, отображены основные результаты работы, которые выносятся на защиту.

В *первом* разделе исследованы условия возникновения постепенных отказов установок ЭЦН, обосновано выбор закона их распределения и определены его параметры.

Проведен критический анализ современного состояния методов и средств диагностирования состояния установок ЭЦН в процессе эксплуатации. Показано, что при диагностировании состояния ЭЦН наиболее часто то используются методы вибродиагностики, которые не позволяют оценить состояние установки ЭЦН на уровне ее узлов, а дают только интегральную оценку состояния. Показано перспективность использования оценки крутящего момента на вале ПЭД, как диагностического признака состояния центробежного насоса (ЦН) и

обусловлено использование не прямых методов измерения его измерения. На основании анализа современного состояния проблемы сформулированы цель и задачи исследования.

Во *втором* разделе рассматриваются теоретические положения метода диагностирования состояния УЭЦН. Построена диагностическая модель центробежного насоса, в основу которой положен метод электрогидравлических аналогий. Модель позволила описать изменения крутящего момента на вале ПЭД, которые обусловлены износом его рабочих органов. Построена передаточная функция установки ЭЦН, которая позволила определить условия работоспособности в области динамических параметров установки, как наложение ограничений на перемещение корней характеристического уравнения в комплексной плоскости.

В *третьем* разделе рассматривается методическое, техническое и программное обеспечение экспериментальных исследования взаимосвязи крутящего момента на вале ПЭД и износом рабочих органов ЦН.

Разработана информационно-измерительная система, состоящая из блока первичных преобразователей, мультиплексора, АЦП и микропроцессорного устройства, в качестве которого использована ПЭВМ класса АТ-286. Разработано программное обеспечение измерительной системы. В основу работы системы положен алгоритм измерения крутящего момента на основании метода энергетических диаграмм.

В *четвертом* разделе проводится анализ экспериментальных данных полученных с использованием разработанной информационной системы в стендовых и промышленных условиях, сравнение их с результатами математического моделирования ЦН и разработка метода его диагностирования. Исследовано влияние эксплуатационных факторов на изменение крутящего момента, показано особенности влияния каждого из факторов. Показано влияние износа рабочих органов насоса как на среднее значение крутящего момента, так и на отдельные составляющие его спектра, на основании чего обосновано выбор диагностического признака износа рабочих органов – отношение суммы уровня первых трех гармоник спектра крутящего момента к сумме уровня четвертой и пятой гармоник. На основании чего разработано алгоритм и метод диагностирования ЦН. Апробация разработанной математической модели ЦН на экспериментальных данных, с использованием оболочки MathCad, подтвердила адекватность результатов моделирования экспериментальным данным.

В *пятом* разделе обусловлено конфигурации системы диагностирования состояния ЦН и выбор основных ее составляющих. Определен критерий организации СД и определены условия, которые обеспечивают его максимальное значение. Рассчитана достоверность диагностирование состояния установок ЕЦН с использованием данного метода.

Разработанные метод и технические средства приняты к внедрению нефтедобывающим предприятием НГДП «Черниговнефтегаз». Результаты исследований использованы в учебном

процессе при изучении дисциплин «Основы теории надежности и технической диагностики систем», «Проектирование систем диагностирования», «Методы и средства диагностирования оборудования нефтегазового комплекса» для студентов специальности 7.091401 Системы управления и автоматика.

Ключевые слова: крутящий момент, техническое состояние, техническая диагностика, дефекты, диагностический признак, центробежный насос.

ANNOTATION

Zikratyy S.V. "Working out of the methods of diagnostics of submersible pump for oil extraction". – Manuscript.

This thesis submitted for obtaining of the scientific degree of Candidate of Technical Sciences by specialty 03.11.15 – "Methods and Devices of Control and Definition of Contents of Matter". – Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas, Ivano-Frankivsk, 2002.

Dissertation is devoted to working out of the methods of diagnostics of submersible pump for oil extraction that based on valuation of torque on the shaft of immersed electric motors. The diagnostics model of centrifugal pump was worked out. The diagnostics index of its state was defined. The algorithm and the methods of diagnostics were worked out on the base of the diagnostics index. The diagnostic system was worked out.

The basic results of the work were implemented in industry of "Chernigivnaftogas" and in teaching process.

Key-words: torque, technical state, technical diagnostics, defects, diagnostics index of centrifugal pump.