

умови $\delta_y(r, s) = \delta_z(r, s) = 0$ одержані результати моделювання збігаються з відомими, наведеними в [3];

деформований переріз під час моделювання деформацій по осях O_x та O_y не має форми еліпса, а набуває більш складної просторової конфігурації, що узгоджується з результатами [4];

за результатами тестових розрахунків встановлено, що існують мінімуми величин (24); це дає підстави зробити висновок про те, що вказаний підхід дає можливість одержати результати моделювання, які є більш адекватними реальній фізичній картині процесу, оскільки точніше задовольняються умови (22), зменшення величин нев'язок $F_i(s, \varphi, r), i = 1, 2, 3$, з введенням еліптичного перерізу складає 50-80% порівняно з моделлю недеформованого плоского перерізу, порядок нев'язок у системі (22) збігається з величиною реальних масових сил, які діють на досліджувану ділянку.

Продовження роботи в напрямку реалізації вказаного підходу може бути пов'язане з вивченням інших моделей деформації перерізу, зокрема, з використанням інформації про координати точок базових перерізів та їх зміну у процесі експлуатації об'єкта, яка дасть змогу проаналізувати неплоскі деформації перерізів.

УДК 622.276.012.7

ВИКОРИСТАННЯ ОРТОГОНАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ МЕТОДУ АВТОМАТИЗОВАНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ШГНУ

О.В.Євчук

ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, au@ifdtung.if.ua

Предложены методы формирования вектора признаков при диагностировании ШГНУ методом распознавания образов с использованием преобразования Уолша-Адамара и вейвлет-преобразования, применение которых позволяет повысить достоверность диагностирования по сравнению с известными методами

Серед відомих на даний час методів діагностування штангових глибинно-насосних установок (ШГНУ) на основі динамометричної інформації ряд із них ґрунтується на виділенні так званих "характерних точок" на динамограмі, які визначають моменти переходу між фазами циклу гойдання ШГНУ (сприйняття навантаження – хід вгору – зняття навантаження – хід вниз). Така необхідність випливає з того, що характер зміни навантаження в суміжних фазах циклу є принципово відмінним, а наявність більшості дефектів спричиняє видиму суттєву зміну впродовж однієї фази, у зв'язку з чим для виявлення певного дефекту аналізу підлягає та частина динамограми, що відповідає

Література

1 Тимашев С.А., Яблонских И.Л. Экспертная система оценки риска эксплуатации линейной части магистральных трубопроводов. – VIII Международная деловая встреча «Диагностика - 98», ИРЦ Газпром, 1998, - С.156-161.

2 Седых А.Д., Дедиков Е.В., Харионовский В.В. и др. Методы оценки состояния трубопроводов по результатам диагностики. //Газовая промышленность. - №8. - С. 58-60.

3 Чекурін В.Ф., Олійник А.П. Некоректна задача відновлення напружено-деформованого стану криволінійних циліндричних тіл за відомими переміщеннями певної множини точок поверхні.- Крайові задачі термомеханіки: Зб. наук. пр. – К. Інститут математики НАН України, 1996, ч.ІІ – С. 160-165.

4 Білобран Б.С., Мельник Н.Б. Вплив сплюскування на несучу здатність тонкостінних тру б під тиском при згині з розтягом (стиском). // Машинознавство. - 2002. - №5, С.17-21.

5 Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. – М.: Наука, 1989. – 432 с.

6 Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс. – М.: Радио и связь, 1988 – 128 с.

7 Седов Л.И. Механика сплошных сред. - М.: Наука. Т.2., 1984. - 560 с.

The methods are offered for obtaining feature vector for pattern recognition in beam-pump diagnostics using Walsh-Hadamard transform and wavelet transform. The application of these methods allows to increase the reliability of diagnostics in comparison with known methods

такої фазі, наприклад, для дефекту "витік у нагнітальній частині" – лінія сприйняття навантаження, а для дефектів "витік у приймальній частині" або "відкачка з газом" – лінія зняття навантаження. Наступним кроком є обчислення деяких інформативних ознак:

а) умовне середнє навантаження, тангенси кутів сприйняття і зняття навантаження, коефіцієнти подачі і наповнення (метод напів-автоматичного розпізнавання несправностей [1]);

б) 12 коефіцієнтів параболічних кривих, якими апроксимуються чотири основні ділянки динамограми (метод автоматичного визначення несправностей [1]);



в) коефіцієнти розміщення ліній сприйняття і зняття навантаження за певною системою функцій, яка визначається за статистичними властивостями навчальної вибірки (детерміновано-статистичний метод [2]).

Недоліком цих методів є складність визначення "характерних точок", особливо для динамограм, сильно зашумлених, та зі значними динамічними складовими.

Серед методів, які для визначення інформативних ознак використовують сигнал навантаження впродовж усього циклу гойдання, слід назвати метод різницевої кривої [3] та спектральний метод [4]. Перший метод використовує як діагностичну ознаку кількість та довжину інтервалів знакопостійності різницевої кривої, яка отримується шляхом віднімання ділянки динамограми за ходу вгору від інвертованої ділянки ходу вниз. Спектральний метод використовує кілька перших коефіцієнтів розкладу динамограми в ряд Фур'є.

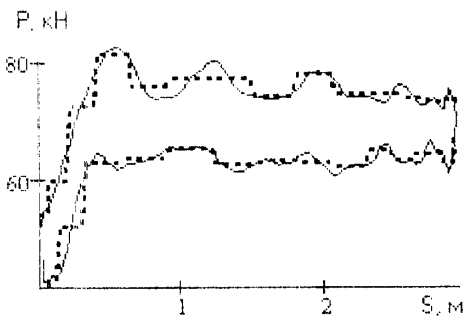
У даній роботі розглянуто можливість використання в цілях діагностування перетворення Уолша-Адамара [5] та вейвлет-перетворення [6].

Використання замість сигналу коефіцієнтів його розкладу в певному базисі, зокрема найбільш розповсюдженому – Фур'є – дає змогу насамперед зменшити розмірність вектора ознак, оскільки основна енергія сигналу навантаження зосереджена в області низьких частот. Так, при дискретизації динамограми з частотою 256 точок на період гойдання 95...99% енергії сигналу (при виключенні постійної складової)

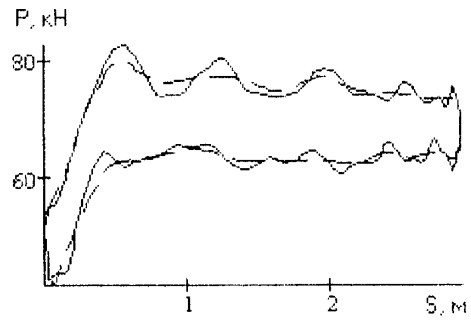
припадає на перші 8 коефіцієнтів дискретного перетворення Фур'є та 67...92% - на перші три (розрахунки виконувались для 20 динамограм, знятих на різних свердловинах НГВУ "Надвірнанафтогаз" та "Бориславнафтогаз"). Окрім того, фільтрація високочастотних складових внаслідок відкидання неінформативних коефіцієнтів призводить до згладжування динамограми.

Аналогічні міркування справедливі, очевидно, і для інших ортогональних перетворень. Перевага перетворення Уолша порівняно з перетворенням Фур'є полягає у меншій кількості обчислень (перетворення Уолша вимагає лише операцій додавання та віднімання, а перетворення Фур'є – додавання, множення та обчислення тригонометричних функцій), що може мати значення під час розробки мобільної системи оперативного діагностування ШГНУ на основі мікроконтролерів, обчислювальні можливості яких обмежені порівняно з універсальними ЕОМ. Для перетворення Уолша, як і для перетворення Фур'є, існує швидкий алгоритм обчислення. Крім того, коефіцієнти перетворення Уолша є дійсними числами на відміну від комплексних коефіцієнтів перетворення Фур'є. У зв'язку з цим слід зазначити, що для формування вектора ознак на основі коефіцієнтів перетворення Фур'є можуть використовуватись або їх дійсні та уявні складові, або амплітудні та фазові.

Як показали проведені обчислення, динамограма, відновлена із 16 коефіцієнтів перетворення Уолша, з достатнім ступенем деталізації представляє первинну динамограму. Відновле-



а)



б)

а – незгладжена, б – згладжена

Рисунок 1 - Динамограма, відновлена з перетворення Уолша

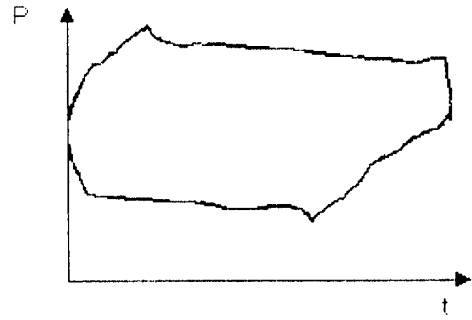
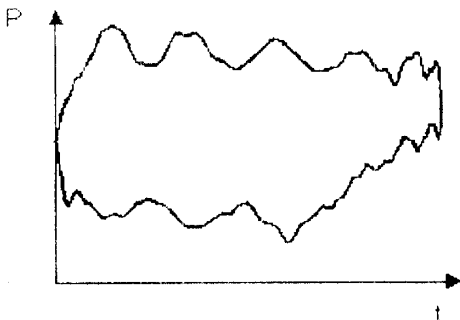


Рисунок 2 - Динамограма та результат її відновлення за 16 коефіцієнтами вейвлет-перетворення



Таблиця 1 - Результати діагностування для експериментальних динамограм

№ свердловини	Правильний діагноз	Діагнози при використанні різних способів формування вектора ознак та різних мір подібності									
		часова форма		перетворення Фур'є (дійсні і уявні складові)		перетворення Фур'є (амплітуда і фаза)		перетворення Уолша		вейвлет-перетворення	
		dE	Rxy	dE	Rxy	dE	Rxy	dE	Rxy	dE	Rxy
1298	НР	НР	НР	ВНЧ	НР	НР	ВГ	НР	НР	НР	НР
1604	НР	НР	НР	ВНЧ	ВПЧ	НПП	ВГ	НР	НР	НР	НР
320	НР	НР	НР	НР	НР	ВГ	ВНЧ	НР	НР	НР	НР
420	НР	НР	НР	НР	НР	ВГ	НДР	НР	НР	НР	НР
557	НР	НР	НР	НР	НР	НДР	ВПЧ	НР	НР	НР	НР
774	НР	НР	НР	НР	НР	ВГ	ВНЧ	НР	НР	НР	НР
1616	ВГ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВГ	ВНЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ
101	ВГ	ВПЧ	ВПЧ	ВНЧ	ВПЧ	ВГ	ВГ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ
24	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВГ	ВГ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ
28	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВНЧ	ВПЧ	НДР	ВГ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ
463	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВГ	ВНЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ
161	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВГ	ВГ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ
196	НДР	НДР	НДР	НПП	ВГ	ВНЧ	ВПЧ	НПП	НПП	НДР	НДР
560	НДР	НДР	НДР	ВНЧ	НДР	НДР	НДР	НДР	НДР	НДР	НДР
158	НДР	ВГ	ВГ	НР	ВПЧ	ВГ	ВГ	ВГ	ВГ	ВГ	ВГ
967	НДР	НДР	НДР	НДР	НДР	ВНЧ	НДР	НДР	НДР	НДР	НДР
8	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	НДР	НПП	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ
1715	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВНЧ	НДР	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ
588	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	НДР	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ
104	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВГ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ	ВПЧ
950	ВПЧ	ВНЧ	ВНЧ	ВНЧ	ВНЧ	ВГ	ВНЧ	ВНЧ	ВНЧ	ВНЧ	ВНЧ
581	ВНЧ	ВНЧ	ВНЧ	ВНЧ	ВНЧ	ВГ	ВНЧ	ВНЧ	ВНЧ	ВНЧ	ВНЧ
68	ВНЧ	ВНЧ	ВНЧ	ВНЧ	ВНЧ	НДР	ВНЧ	ВНЧ	ВНЧ	ВНЧ	ВНЧ
54	НП	ВПЧ	ПП	ПП	ПП	ВГ	ВГ	ПП	ПП	ПП	ПП
63	НПП	НПП	НПП	НПП	НПП	НДР	ВПЧ	НПП	НПП	НПП	НПП
Кількість правильних діагнозів		20	21	15	19	9	12	20	20	21	21
%		80	84	60	76	36	48	80	80	84	84
У середньому, %		82		68		42		80		84	

на динамограма має ступінчастий характер, що зумовлено особливістю базисних функцій Уолша, однак після згладжування достатньо точно відтворює первинну динамограму (див. рис. 1).

Переваги застосування вейвлет-перетворення для задач діагностування пояснюються тим, що базисні функції вейвлет-перетворення носять локалізований в часі характер, що зумовлює їх високі апроксимаційні можливості [7] та дає змогу досліджувати не лише розподіл енергії сигналу з частотами, але й зміну цього розподілу в часі.

На рис. 2 зображена динамограма, знята на свердловині №1715 НГВУ "Бориславнафтогаз" та динамограма, відновлена шляхом оберненого вейвлет-перетворення з 16 коефіцієнтів розкладу у вейвлет-базисі Добеші 2-го порядку (D2). Окрім майже повного згладжування високочастотних складових, у відновленій динамограмі чітко виявляються так звані "характерні точки". Вигляд отриманої динамограми наближається до ідеалізованої паралелограмної динамограми, тобто вектор ознак, сформований із коефіцієнтів вейвлет-перетворення, характеризує, так би мовити, "ідеальний образ реальної

динамограми", що надає можливість використання спрощених паралелограмних еталонів. Спосіб формування таких еталонів на основі відомих параметрів свердловини описано, наприклад, у [8].

З метою перевірки діагностичних можливостей різних ортогональних перетворень було виконано обчислення для таких способів формування вектора ознак:

- дискретизований в часі сигнал навантаження (256 відліків на період качання);
- дійсні і уявні складові восьми коефіцієнтів перетворення Фур'є;
- амплітудні і фазові складові восьми коефіцієнтів перетворення Фур'є;
- 16 коефіцієнтів перетворення Уолша;
- 16 коефіцієнтів вейвлет-перетворення Добеші 2-го порядку.

Як міру подібності використовувались коефіцієнт кореляції, евклідова відстань та відстань за Хеммінгом. Для двох останніх мір подібності було виконано попереднє нормування сигналу навантаження та еталонів технічних станів шляхом віднімання середнього значення та ділення на середньоквадратичне відхилення.



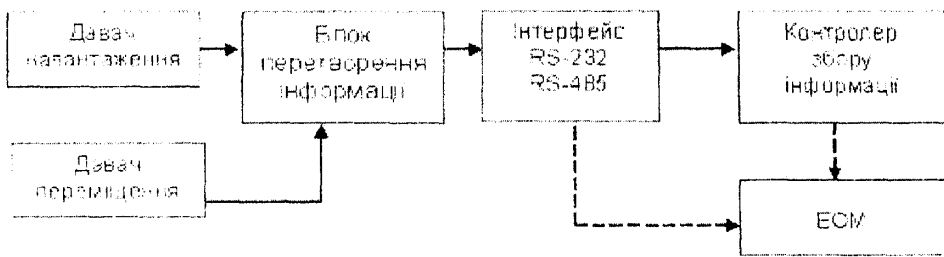


Рисунок 3 - Структура системи діагностування



Рисунок 4 - Структура меню контролера збору інформації

Для діагностування було вибрано 25 динамограм, знятих на свердловинах НГВУ “Надвірнанафтогаз” та “Бориславнафтогаз”. Для кожної свердловини формувалися паралелограмні еталони технічних станів “нормальна робота”, “прихоплення плунжера”, “низька посадка плунжера”, “вплив газу”, “низький динамічний рівень”, “витік в нагнітальній частині” та “витік в приймальній частині”. Для кожного з останніх чотирьох станів формувалося по три еталони з коефіцієнтами наповнення 0.3, 0.5 та 0.7.

Результати діагностування приведено в табл.1. У зв'язку з тим, що результати діагностування в ході використання евклідової відстані та хеммінгової відстані в абсолютній більшості випадків співпадали, в таблиці наведено результати тільки для евклідової відстані. У другому стовпчику вказано діагноз, поставлений працівниками нафтопромислів. Як бачимо по таблиці, найбільша достовірність діагностування отримується в ході використання для формування вектора ознак вейвлет-перетворення, а також дискретизованого в часі сигналу навантаження. У зв'язку з цим останній спосіб, як такий, що потребує менших обчислювальних затрат, можна рекомендувати для пристрою оперативного діагностування (на базі мікроконтролера), а перший – для системи автоматизованого діагностування на базі мобільної ЕОМ. При цьому як міру подібності доцільно використовувати коефіцієнт кореляції, який забезпечує краще розпізнавання і не потребує попереднього нормування досліджуваних сигналів.

Структуру системи діагностування зображено на рис.3. Давач навантаження, давач переміщення та блок перетворення інформації конструктивно об'єднані в одному пристрої, що кріпиться між траверсами канатної підвіски ШГНУ і може зв'язуватись по послідовному інтерфейсу з контролером збору інформації або мобільною ЕОМ.

Блок перетворення інформації побудований на основі 8-розрядного мікроконтролера AT90S8535 і забезпечує вимірювання поточних значень навантаження та переміщення по запиті від керуючого пристрою та передачу їх по послідовному інтерфейсу.

Контролер збору інформації виконує такі дії:

- запис динамограми для вибраної свердловини впродовж одного циклу гойдання;
- відображення динамограми на графічному дисплеї;
- оперативне діагностування технічного стану ШГНУ за динамограмою;
- зберігання архіву динамограм у флеш-пам'яті;
- перегляд архіву динамограм;
- передача архіву динамограм до ЕОМ верхнього рівня;
- прийом від ЕОМ списку свердловин і родовищ.

Інтерфейс користувача організований за допомогою меню та чотирьох кнопок, що виконують функції переміщення по пунктах меню, вибору пункту(перехід на рівень вниз) та відміни (перехід на рівень вверх). Структура меню схематично зображена на рис.4 і передбачає



вибір користувачем родовища і свердловини з подальшою можливістю перегляду архіву динамограм або запису нової динамограми шляхом взаємодії із блоком перетворення інформації. Після запису динамограми автоматично відбувається процедура діагностування шляхом обчислення коефіцієнта кореляції між вимірною та еталонними динамограмами, причому еталонні динамограми формуються в процесі обчислень на основі відомих параметрів свердловини.

Аналогічний алгоритм, але із формуванням вектора ознак на основі коефіцієнтів вейвлет-перетворення сигналу навантаження, реалізовано у програмному забезпеченні системи діагностування на основі ЕОМ.

Таким чином, використання ортогональних перетворень забезпечує вищу достовірність діагностування, ніж відомі методи різницевої кривої (достовірність 68%, згідно з [1]), та спектральний метод (36%...76%, див. табл.1), що підтверджує доцільність їх використання для автоматизованого діагностування ШГНУ.

Література

1 Алиев Т.М., Тер-Хачатуров А.А. Автоматический контроль и диагностика скважинных штанговых насосных установок. – М.: Недра, 1988. – 232с.

2 Алиев Т.М., Тер-Хачатуров А.А. Перспективы автоматизации обработки информации при диагностике глубинно-насосного нефтяного оборудования // Изв.вузов: Нефть и газ, 1981. - №9. – с.88-92

3 Методы и средства контроля технического состояния глубиннонасосного оборудования // Алиев Т.М., Надеин В.А., Рыскин Л.М., Тер-Хачатуров А.А. - М., 1981. - 57с. - (Обз.инф./ВНИИОЭНГ. Нефт. пром. Сер."Автоматиз. и телемех. нефт. пром.")

4 Алиев Т.М., Костянян В.Р., Тер-Хачатуров А.А. Об одном подходе к распознаванию неисправностей глубинного насоса по динамограмме, инвариантной к пространственному положению осей // Изв.вузов: Нефть и газ. - 1983. - №8.- С.60-67

5 Бабак В.П., Хандецкий В.С., Шрюфер Е. Обработка сигналов: Підручник. - К.:Либідь, 1996. - 392с.

6 К. Кноте, А.И. Солодовников. Адаптируемые ортогональные wavelet-преобразования диагностических сигналов // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Серія: Методи і засоби технічної діагностики.– Івано-Франківськ. – 1999.– вип.36 (том 8).- С.12-20.

7 Кириллов С.Н., Зорин С.В. Синтез оптимальных порождающих фильтров для вейвлетных разложений // Материалы 4-й междунар. конф. DSPA-2002. – <http://www.autex.spb.ru>

8 Євчук О.В, Бандура В.В, Заміховський Л.М. Методика виділення інформативних ділянок для аналізу вібраційного процесу в штанговій колонії штангової глибинно-насосної установки // Матеріали 6-ї Міжнар. наук.-пр. конф. "Нафта і газ України-2000". – Івано-Франківськ, 2000. – Т.3. – С. 301-307

МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

“Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики промислового обладнання”

З 06 по 09 грудня 2005 р. в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу відбудеться четверта міжнародна науково-технічна конференція і виставка „Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики промислового обладнання”.

Конференція буде проводитися за такими напрямками:

1. Методи і технічні засоби проведення неруйнівного контролю і технічної діагностики промислового обладнання.

2. Особливості проведення неруйнівного контролю і технічної діагностики нафтогазового обладнання.

3. Підготовка, атестація і сертифікація спеціалістів в галузі неруйнівного контролю і технічної діагностики промислового обладнання.

4. Підготовка фахівців за спеціальністю „Прилади та системи неруйнівного контролю” у вищих навчальних закладах України.

За матеріалами конференції передбачається видання матеріалів доповідей, які будуть визнані ВАКом України як фахове видання.

У роботі виставки братимуть участь відомі фірми і організації-виробники технічних засобів неруйнівного контролю і технічної діагностики України і зарубіжжя.

Адреса оргкомітету з проведення конференції:

кафедра “Методи та прилади контролю якості і сертифікації продукції” Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019.

Тел. (8-03422) 4-60-77, 4-24-30.

E-mail: mdqc@ifdtung.if.ua

