

АННОТАЦИЯ

диссертационной работы Кашевкина Александра Александровича
«Разработка информационно-телекоммуникационных сетей удаленного
контроля и мониторинга нефтегазового оборудования»,
представленной на соискание ученой степени доктора философии (PhD)
по специальности 6D071900 - «Радиотехника, электроника и
телекоммуникации»

Актуальность работы. Интеграция интеллектуальных технологий, как в сами технологические процессы, так и в операции контроля, мониторинга и диагностики промышленного оборудования, является перспективным направлением развития научно-технического прогресса.

В условиях повышения конкуренции на мировом рынке сырья работы по модернизации нефтегазового машиностроения и повышению эффективности нефтедобычи – стратегическое направление стабильного экономического развития Казахстана и обеспечения энергетической безопасности.

Современные компьютерные и интеллектуальные технологии позволяют существенно повысить эффективность контроля и мониторинга технического состояния оборудования с целью корректировки жизненного цикла и прогнозирования его остаточного ресурса.

Хотя интеграция интеллектуальных технологий и является одним из актуальных инновационных направлений научно-технического прогресса, но, в настоящее время, круг решаемых задач в этой области ограничен, а разработанные интеллектуальные технологии недостаточно эффективны.

Большинство задействованного в нефтегазовой отрасли оборудования, как и сам процесс нефте- и газодобычи, требуют контроля, диагностирования и мониторинга, но проведение этих мероприятий обслуживающим персоналом является трудоемким и низкоскоростным процессом, который носит периодический характер и имеет невысокую точность выявления дефектов на ранней стадии их развития.

Несмотря на очевидные перспективы применения экспертных систем, их работа в области диагностики вибросигналов можно считать недостаточно эффективной, поскольку в настоящее время с их помощью идентифицируется только 50–60% дефектов.

В большинстве случаев, существующие диагностические системы работают локально и распознают группу дефектов, а не отдельный дефект.

Анализируемые сигналы часто носят случайный характер; при преобразовании их из временной области в частотную (в которой работают диагностические системы) растут величины погрешностей, что приводит к ошибкам при определении возможных дефектов.

Используя методы диагностики вибросигналов, в процессы контроля и мониторинга промышленного оборудования внедряются экспертные системы (компании НПП «РОС», «Шеврон» и т.д.).

Несмотря на все безусловные достоинства экспертных систем, они имеют ряд существенных недостатков:

- отсутствуют методы универсальной обработки исходной разномасштабной и разноточной информации, поэтому распознается группа дефектов, а сами дефекты не идентифицируются;
- отсутствуют технологии самообучения;
- в большинстве случаев, существующие экспертные системы работают локально и распознают группу дефектов, а не отдельный дефект.

В экспертных системах анализируются в основном частотные характеристики сигнала, а также, отсутствуют возможности удаленного группового контроля и мониторинга нефтегазового оборудования.

Решение поставленных проблем связано с применением технологий искусственного интеллекта и современных информационно-телекоммуникационных сетей.

В недавнем прошлом проводные инфотелекоммуникационные сети способствовали снижению затрат, однако новейшие разработки в области беспроводных технологий передачи данных ведут к бурному развитию беспроводных сетей на основе малогабаритных датчиков (мотов) с низким энергопотреблением.

Целью настоящей диссертационной работы является исследование и разработка информационно-телекоммуникационных сетей и систем удаленного контроля и мониторинга нефтегазового оборудования с использованием интеллектуальных алгоритмов и методов сбора, обработки и распознавания вибросигналов на основе современных компьютерных и беспроводных инфокоммуникационных технологий для повышения эффективности диагностики.

Задачи исследования:

- разработать и исследовать эффективный и универсальный метод анализа и обработки разномасштабных и разнородных вибросигналов для контроля и диагностики нефтегазового оборудования;
- разработать алгоритм и осуществить программную реализацию метода анализа и обработки вибросигналов в виде компьютерного прибора на основе искусственного интеллекта;
- сформировать базу данных дефектных состояний;
- проанализировать особенности организации и развертывания беспроводных инфотелекоммуникационных сетей;
- разработать структуру беспроводной сети удаленного контроля и мониторинга нефтегазового оборудования.

Объект исследования – комплекс оборудования добычи и переработки нефти и газа.

Предмет исследования – процессы контроля, диагностики и мониторинга нефтегазового оборудования; процессы беспроводного сбора, обработки и отображения информации.

Методы исследования. В процессе реализации диссертационных исследований применялись апробированные методы обработки и анализа

информации, методы идентификации, методы создания компьютерных приборов, программно-аппаратных систем на основе промышленных контроллеров и информационно-телекоммуникационных сетей беспроводной передачи данных. Кроме того, проектировались и создавались экспериментальные образцы, проводились полевые испытания в процессе эксплуатации промышленного оборудования.

Научная новизна заключается в следующих положениях и результатах:

– предложен интеллектуальный метод обработки разномасштабных и разнородных вибросигналов нефтегазового оборудования на основе идентификационных измерений и искусственного интеллекта, позволяющий распознавать дефекты и повысить вероятность прогноза до $P=0,75$;

– предложена методика цифровой обработки вибросигналов для контроля, мониторинга и диагностики, отличающаяся тем, что обработка разнородных и разномасштабных случайных вибросигналов происходит с применением технологии искусственного интеллекта и идентификационных измерений по параметрам формы и виртуальной частоты;

– предложена модель систематизации качественных характеристик состояния нефтегазового оборудования по значениям идентификационных параметров формы и виртуальной частоты вибросигналов;

– разработан интеллектуальный компьютерный прибор, встраиваемый в системы контроля, мониторинга и диагностики, позволяющий определять количественные параметры и качественные характеристики для широкого спектра нефтегазового оборудования и способный пополнять базу данных состояний в режиме «обучения»;

– разработана распределенная помехоустойчивая инфотелекоммуникационная сеть удаленного контроля и мониторинга нефтегазового оборудования, включающая технологии искусственного интеллекта и идентификационных измерений сигналов.

Практическая значимость.

Разработанный метод и алгоритм анализа диагностических вибросигналов по виртуальной частоте и параметру формы (распределению мгновенных значений) позволяет создавать компактные и универсальные инструменты контроля, диагностики и мониторинга нефтегазового оборудования.

Предложенный алгоритм работы интеллектуального компьютерного прибора позволяет встраивать его в существующие системы контроля, мониторинга и диагностики с расширенным спектром оборудования.

Разработанная инфотелекоммуникационная сеть удаленного контроля и мониторинга повышает эффективность сбора и обработки данных и может быть применена для совершенствования комплексов удаленного контроля, мониторинга и диагностики состояния технологического оборудования.

Связь с государственными программами.

Научные исследования, представленные в диссертационной работе, проводились в рамках грантового финансирования МОН РК (государственная регистрация 0115РК01225) по теме: «Разработка интеллектуальных

компьютерных приборов и системы диагностики и мониторинга нефтегазового оборудования», где диссертант являлся исполнителем.

Результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс специальности 5В071600 – Приборостроение, в куррикулум, разработанный по проекту «Development of two cycle innovative curricula in microelectronic engineering (DOCMEN)» по программе ERASMUS+ Programme – Capacity Building in Higher Education.

Положения диссертации, выносимые на защиту (научные результаты):

– метод цифровой обработки диагностических случайных сигналов на основе теории идентификационных измерений сигналов;

– модель систематизации качественных характеристик состояния нефтегазового оборудования по значениям идентификационных параметров формы и виртуальной частоты вибросигналов;

– алгоритм работы интеллектуального компьютерного прибора обработки вибросигналов на основе теории идентификационных измерений сигналов;

– структура интеллектуальной беспроводной инфо-телекоммуникационной сети удаленного контроля и мониторинга нефтегазового оборудования;

– комплекс рекомендаций для повышения помехоустойчивости при разработке беспроводных сетей удаленного контроля и мониторинга.

Апробация работы. Основные результаты диссертационного исследования доложены и обсуждены на: Международной научной конференции «XIII International Scientific Congress MACHINES. TECHNOLOGIES. MATERIALS» (Болгария, 2016); Международной научной конференции «International Conference on Applied Mathematics, Modeling and Simulation» (AMMS, Китай, 2017); Международной научно-практической конференции «Козыбаевские чтения–2015: перспективы развития науки и образования» (Казахстан, 2015).

Публикации. Основные результаты диссертационного исследования нашли отражение в 17 научных работах, в том числе в 3 статьях, опубликованных в изданиях рекомендуемых Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК, в 3 статьях – в международном научном журнале, имеющем ненулевой импакт-фактор (индексированном в базе данных Web of Science), в 4 работах, отраженных в трудах международных научных конференций, в том числе 3 зарубежных (одна конференция в базе данных Web of Science, другая – в базе данных Scopus), 4 – в международных научных журналах, одна работа в республиканском журнале, а также в монографии и патенте.

Личный вклад автора.

Основные результаты теоретических и экспериментальных исследований получены автором самостоятельно. В печатных работах, которые написаны в соавторстве, соискателю принадлежит ведущая роль при обобщении и анализе полученных результатов.

Структура диссертации. Диссертация имеет классическую структуру: вводная часть, основная часть (четыре главы), заключение, список использованных источников и приложения. Работа изложена на 116 страницах компьютерного текста, включает 65 рисунков, 16 таблиц и 117 наименований библиографических источников.

Работы, опубликованные по теме диссертации.

1. Кошекoв К.Т., Савостин А.А., Кашевкин А.А., Адильбеков А.Е. Система диагностики и мониторинга нефтегазового оборудования на основе беспроводных технологий // Вестник ПГУ. Энергетическая серия. – Павлодар. – 2017. – № 3. – С. 70–79.

2. Кликушин Ю.Н., Латыпов С.И., Кашевкин А.А., Кошекoва Б.В. Алгоритм кодирования случайных сигналов по идентификационному параметру формы // Вестник СемГУ им. Шакарима. – Семей. – 2018. – № 2 (82). – С. 103–108.

3. Кликушин Ю.Н., Кашевкин А.А., Кошекoв А.К., Латыпов С.И., Калантаевская Н.И. Метод и компьютерный прибор идентификационного кодирования случайных сигналов по виртуальной частоте // Вестник ПГУ. Энергетическая серия. – Павлодар. – 2018. – №2. – С. 351–359.

4. Koshekov K.T., Klikushin Yu.N., Kobenko V.Yu., Sofina N.N., Savostin A.A., Kashevkin A.A. Testing a Pump Unit by Identification Measurements of Vibration Signals // Russian Journal Nondestructive Testing. – 2016. – Vol. 52, No 5. – P. 280–286.

5. Koshekov K.T., Klikushin Yu.N., Kashevkin A.A., Latypov S.I., Sofina N.N., Savostina G.V., Koshekov A.K. An Intelligent System for Vibrodiagnostics of Oil and Gas Equipment // Russian Journal Nondestructive Testing. – 2018. – Vol. 54, No 4. – P. 249–259.

6. Koshekov K.T., Klikushin Yu.N., Savostin A.A., Sofina N.N., Astapenko N.V., Kashevkin A.A., Koshekov B.V. Modernization of Vibration Analyzers Based on Identification Measurements // Russian Journal Nondestructive Testing. – 2018. – Vol. 54, No 5. – P. 328–334.

7. Koshekov K., Savostin A., Kashevkin A., Klikushin Yu., Kobenko V., Sofina N. Modernization of expert system based on the theory of identification measurement // XIII International Scientific Congress «Machines. Technologies. Materials». – 2016. – Vol. I. – Section «Technologies». – P. 49–52.

8. Kashevkin A., Klikushin Yu., Koshekov A., Koshekov B., Latypov S., Kalantayevskaya N. and Savostina G. Computer Diagnostic and Monitoring Device Based on the Theory of Identification Measurement of Signals // International Conference on Applied Mathematics, Modeling and Simulation (AMMS 2017). – 2017. – vol. 153 – P. 391-395.

9. Klikushin Y.N., Koshekov B.V., Koshekov A.K., Kashevkin A.A., Savostina G.V., Astapenko N.V. The method for identification complex signals using the example of preliminary diagnosis of a myocardial infarction // 2017 IEEE International Conference on Power, Control, Signals and Instrumentation Engineering (ICPCSI). – 2017. – vol. 153. – P. 6–11.

10. Кошекков К.Т., Кашевкин А.А., Кашевкина Е.А. Возможности применения технологии WSN в нефтегазовой отрасли // Материалы МНПК «Козыбаевские чтения–2015: перспективы развития науки и образования». – Петропавловск, 2015. – Т. 4. – С. 52–55.

11. Koshekov K., Savostin A., Kashevkin A., Klikushin Yu., Kobenko V., Sofina N. Modernization of expert system based on the theory of identification measurement // International Scientific Journal «Machines. Technologies. Materials». – 2016. – Issue 10. – P. 28–31.

12. Кошекков К.Т., Кликушин Ю.Н., Кобенко В.Ю., Софьина Н.Н., Савостин А.А., Кашевкин А.А. Диагностика насосного агрегата на основе идентификационных измерений вибросигналов // Дефектоскопия. – Москва: Наука. – 2016. – № 5. – С. 36–43.

13. Кошекков К.Т., Кликушин Ю.Н., Кашевкин А.А., Латыпов С.И., Софьина Н.Н., Савостина Г.В., Кошекков А.К. Интеллектуальная система вибродиагностики нефтегазового оборудования // Дефектоскопия. – Москва: Наука. – 2018. – №4. – С. 31–41.

14. Кошекков К.Т., Кликушин Ю.Н., Савостин А.А., Софьина Н.Н., Астапенко Н.В., Кашевкин А.А., Кошеккова Б.В. Модернизация виброанализаторов на основе идентификационных измерений // Дефектоскопия. – Москва: Наука. – 2018. – № 5. – С. 26–32.

15. Кашевкин А.А., Кошекков К.Т. Позиционирование датчиков в беспроводной сенсорной сети // Вестник СКГУ. Серия техническая. – Петропавловск, 2016. – № 4 (33). – С. 74–77.

16. Кошекков К.Т., Савостин А.А., Кликушин Ю.Н., Кашевкин А.А. Интеллектуальная диагностика нефтегазового оборудования методами теории идентификационных измерений: монография. – М.: Русайнс, 2017. – 126 с.

17. Способ диагностики насосного агрегата на основе идентификационных измерений: патент №2948 на полезную модель / Кошекков К.Т., Кликушин Ю.Н., Кошекков А.К., Кашевкин А.А. – №2017/0846.2; заявл. 27.10.15; опубл. 29.06.18, Бюл. №24. – 6 с.