681.518
С47

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

СЛАБІНОГА МАР'ЯН ОСТАПОВИЧ

+622.691.4
052(0

УДК 681.518:621.438

С47

ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ ЯК ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

Спеціальність 05.13.07 – Автоматизація процесів керування

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Івано-Франківськ – 2016

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНА БІБЛІОТЕКА

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
Горбійчук Михайло Іванович,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
завідувач кафедри комп'ютерних систем та мереж

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Мещеряков Леонід Іванович,
Державний вищий навчальний заклад "Національний гірничий університет",
професор кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем

кандидат технічних наук
Филипчук Леонід Вікторович,
Національний університет водного господарства та природокористування,
доцент кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Захист відбудеться 8 вересня 2016 р. о 12^{00} годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 20.052.03 Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу за адресою: 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15).

Автореферат розісланий «__» _____2016 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 20.052.03,
доктор технічних наук, професор А.П. Олійник

НТБ
ІФНТУНГ
an2610

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Ефективна робота газотранспортної системи України є одним із факторів надійного забезпечення галузей національної економіки та населення природним газом, що є метою заходів, затверджених Постановою Кабінету міністрів України «Про забезпечення споживачів природним газом». Однією із найважливіших задач забезпечення ефективності функціонування газотранспортної системи є підвищення надійності експлуатації газоперекачувальних агрегатів (ГПА) як об'єктів керування у складі автоматизованих систем керування, та зменшення витрат на їх обслуговування та ремонт.

Вирішення цієї задачі полягає в розробці методів та алгоритмів ідентифікації технічного стану ГПА в цілому, окремих його елементів та вузлів, а також інформаційного та програмного забезпечення, яке реалізує функціонування розроблених алгоритмів в системі автоматизованого керування процесом компримування природного газу.

Питанню ідентифікації технічного стану ГПА присвячена велика кількість праць як зарубіжних, так і вітчизняних вчених (Л.С. Цегельников, С.П. Зарицький, Є.А. Ігуменцев, В.А. Щуровський, В.Г. Дубинський, Б.П. Поршаков, В.Я. Грудз, Л.М. Заміховський, М. І. Горбійчук, А.П. Толстов, С.А. Саприкін, В.Г. Соляник, В.І. Ізбаш, Mark Devaney, Can Gulen, Bill Cheetham, Sal Paolucci, Patrick R. Griffin, та інші). Невирішеним залишається питання побудови алгоритму ідентифікації з заданою достовірністю за мінімальний час із застосуванням сучасних методів розпізнавання образів, поглибленого аналізу даних та залученням апаратних засобів передачі, опрацювання та архівування великих обсягів даних технологічного процесу. Таким чином, задача розробки інформаційного та програмного забезпечення ідентифікації технічного стану газоперекачувальних агрегатів у складі системи автоматизованого керування є актуальною, оскільки її вирішення дозволить отримувати оцінку технічного стану ГПА з урахуванням змін значень технологічних параметрів у часі, за мінімальний час опрацювання даних процесу компримування природного газу.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Вибраний напрямок досліджень є складовою частиною тематичного плану Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (ІФНТУНГ). Дисертаційна робота виконана у відповідності з основним науковим напрямком діяльності кафедри комп'ютерних систем і мереж ІФНТУНГ. Тематика роботи є частиною планових державних науково-дослідних програм із розвитку нафтогазового комплексу України і базується на результатах держбюджетної роботи: «Синтез комп'ютерних систем та розробка програмного забезпечення для об'єктів нафтогазового комплексу» (номер державної реєстрації РК 01110005890).

З вищеназваної наукової тематики автор був безпосереднім виконавцем робіт щодо синтезу інформаційного та програмного забезпечення автоматизованої системи ідентифікації технічних станів об'єктів керування.

Мета і задачі дослідження. Метою даної роботи є розробка інформаційного та програмного забезпечення ідентифікації технічного стану ГПА як об'єкта керування

an 2609 - an 2610

на основі алгоритму комплексної оцінки технічного стану, що ґрунтується на методах штучного інтелекту та методах поглибленого аналізу даних, з мінімізацією часу ідентифікації і дасть змогу підвищити ефективність функціонування як ГПА, так і системи автоматизованого керування в цілому.

Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення таких задач:

- аналіз літературних джерел з питань побудови процесу ідентифікації технічного стану ГПА, застосування методів поглибленого аналізу даних та методів штучного інтелекту, сучасного стану розвитку автоматизованих систем вібродіагностики та вібраційного захисту газоперекачувальних агрегатів;
- порівняльний аналіз ефективності методів штучного інтелекту для вирішення задачі класифікації та аналіз ефективності методів поглибленого аналізу даних при роботі з технологічними параметрами процесу компримування природного газу, які мають різний характер зміни в часі;
- розробка методу мінімізації часу ідентифікації технічного стану, що базується на врахуванні інформаційної цінності результатів опрацювання окремих параметрів технологічного процесу різними методами;
- розробка комплексного методу розпізнавання імпульсів певної форми у структурі параметрів технологічного процесу на основі вейвлета, згенерованого за формою шуканого імпульсу;
- розробка концепції адаптивного клієнта у складі клієнт-серверної архітектури, на базі якої функціонує інформаційне та програмне забезпечення;
- розроблення та програмна реалізація методу та алгоритму процесу ідентифікації технічного стану ГПА з урахуванням результатів роботи алгоритму мінімізації часу ідентифікації та алгоритму, що реалізує концепцію адаптивного клієнта;
- розроблення методу вибору апаратного забезпечення блоку ідентифікації технічного стану у складі автоматизованої системи керування за критерієм відношення ціни та якості;
- синтез та реалізація структури інформаційного та програмного забезпечення ідентифікації технічного стану ГПА у складі автоматизованої системи керування, а також розроблення доступного та інтуїтивно зрозумілого графічного інтерфейсу користувача, апробація розробленого інформаційного та програмного забезпечення у виробничому процесі.

Об'єктом дослідження є інформаційні процеси, що супроводжують компримування природного газу газоперекачувальними агрегатами з газотурбінним приводом та контролюються автоматизованою системою керування.

Предметом дослідження є методи, алгоритмічне та програмне забезпечення ідентифікації технічного стану ГПА як об'єкта керування на основі комплексної оцінки даних процесу компримування природного газу з використанням методу поглибленого аналізу даних та методів штучного інтелекту.

Методи дослідження. Вирішення поставлених задач досягнуто шляхом використання методів порівняльного аналізу, систематизації й узагальнення (для аналізу методів і комп'ютерних систем контролю стану ГПА), методів системного аналізу (для визначення сутності ефективних рішень), методів обробки даних (для

виявлення проявів негативних змін у стані ГПА), теорії нейронних мереж (для ідентифікації стану ГПА за результатами опрацювання даних технологічного процесу), машинного навчання (для дослідження залежностей між окремими параметрами технологічного процесу) та методів вейвлет-аналізу (для розпізнавання імпульсів визначеної форми в даних технологічного процесу), методів теорії автоматичного керування (для розробки системи та алгоритму її функціонування), методів об'єктно-орієнтованого програмування (для розробки програмного забезпечення).

Наукова новизна одержаних результатів полягає у подальшому розвитку методу ідентифікації технічного стану ГПА шляхом застосування теорії штучного інтелекту та методів аналізу даних; у інформаційного та програмного забезпечення ідентифікації технічного стану ГПА та керування на основі даних їх функціонування.

вперше:

- розроблено метод мінімізації часу ідентифікації технічного стану, що ґрунтується на врахуванні інформаційної цінності результатів опрацювання окремих параметрів технологічного процесу різними методами, що дозволяє уникати надлишкових обчислень у процесі аналізу даних технологічних параметрів процесу компримування природного газу;
- розроблено метод комплексної оцінки технічного стану ГПА, що базується на методі мінімізації відносно інформаційних оцінок та розробленої концепції адаптивного клієнта, що дало змогу досягти достовірності ідентифікації технічного стану ГПА за мінімальний час.
- формалізована задача і розроблений метод вибору складових частин блоку ідентифікації технічних станів у складі автоматизованої системи керування за критерієм відношенням ціни до надійності, на основі алгоритму пошуку найкоротшого шляху, що дає змогу забезпечити ефективне функціонування розробленого інформаційного та програмного забезпечення;
- синтезовано структуру інформаційного та програмного забезпечення ідентифікації технічного стану ГПА у складі автоматизованої системи керування, що дозволяє ефективно реалізувати розроблені алгоритми.

знайшов подальший розвиток:

- метод розпізнавання імпульсів певної форми у структурі параметрів процесу функціонування, що відрізняється від стандартних методів пошуку розпізнаванням на основі методу, згенерованого за формою шуканого імпульсу, що дало змогу підвищити достовірність виявлення імпульсів, що можуть бути проявами неполадок у вузлах ГПА.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробленні:

- концепції та алгоритму функціонування адаптивного клієнта у складі клієнт-серверної архітектури, на базі якої функціонує інформаційне та програмне забезпечення, що дозволяє рівномірно розподілити обчислювальні задачі між рівнями архітектури, виходячи з їх обчислювальної потужності;
- алгоритму процесу ідентифікації технічного стану ГПА з урахуванням результатів роботи алгоритму мінімізації часу ідентифікації та алгоритму, що

реалізує концепцію адаптивного клієнта, що дозволяє отримати комплексну оцінку технічного стану ГПА за мінімальний час;

- інформаційного та програмного забезпечення у складі автоматизованої системи керування для ідентифікації технічного стану ГПА, з використанням сучасних пакетів програмних продуктів для обробки і збереження даних та результатів їх обробки з метою подальшого аналізу.

Розроблена автоматизована система ідентифікації технічного стану ГПА прийнята до впровадження в філії УМГ «КИЇВТРАНСГАЗ» ПАТ «УКРТРАНСГАЗ» (акт від 23.03.2015 р.). Результати досліджень впроваджені в навчальний процес кафедри комп'ютерних систем та мереж ІФНТУНГ для студентів напрямку підготовки 6.050102 – «Комп'ютерна інженерія» у робочих програмах дисциплін «Розробка та програмування веб-застосувань» та «Штучні нейронні мережі» (акт від 23.03.2015 р.).

Особистий внесок здобувача. Основні наукові положення та результати дисертаційної роботи, що виносяться на захист, отримані автором особисто. У роботах, написаних із співавторами, дисертанту належать такі результати: у роботах [6] – здійснено аналіз проблеми вибору пріоритету обчислювальних процесів при вирішенні обчислювальних задач; [1] – розроблено метод стиснення даних технологічного процесу для подальшого їх зберігання на основі вейвлету Хаара; [7] – проведено аналіз використання стандартних сімейств вейвлетів для оцінки технічного стану ГПА; [2] – розроблено метод аналізу технічного стану за часом на основі інформаційної цінності окремих ознак; [8, 9] – досліджено можливість застосування алгоритмів машинного навчання у процесі аналізу даних технологічного процесу компримування природного газу; [10] – проведено аналіз вирішення задачі класифікації різними видами алгоритмів машинного навчання; [5, 11] – досліджено застосування ентропійних оцінок для аналізу технічного стану ГПА; [12] – проведено дослідження ефективності паралельних алгоритмів при вирішенні складних обчислювальних задач; [3] – запропоновано концепцію адаптивного клієнта для ідентифікації технічних станів ГПА; [13] – розглянуто методику вибору вейвлета для аналізу даних технологічного процесу, виходячи зі структури сигналу; [14] – досліджено можливість використання методу виділення емпіричних мод для аналізу даних технологічного процесу; [4] – розроблено структуру апаратного забезпечення блоку ідентифікації технічних станів ГПА, [15] – розроблено структуру програмного забезпечення блоку ідентифікації технічного стану ГПА.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися, обговорювались і одержали позитивну оцінку на міжнародних та всеукраїнських конференціях: 4-та науково-практична конференція студентів і молодих учених: „Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання" (Івано-Франківськ, 2013 р.), міжнародна науково-практична конференція «Розвиток наукових досліджень – 2013» (Полтава, 2013 р.), Всеукраїнська науково-практична конференція аспірантів, молодих учених і студентів «Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості» (Івано-Франківськ, 2013 р.), Міжнародна науково-практична конференція «Scientific

Researches And Their Practical Application. Modern State And Ways Of Development» (Одеса, 2014 р.), VI Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція «Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах Європи та Азії» (Переяслав-Хмельницький, 2014 р.), Міжнародна науково-практична конференція «Інноваційний потенціал світової науки - XXI сторіччя» (Запоріжжя, 2014 р.), Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція «Перспективні технології в науці, освіті, виробництві та транспорті (Одеса, 2014 р.), IX Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція «Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах Європи та Азії» (Переяслав-Хмельницький, 2014 р.).

Публікації. Основні результати дисертації викладені у 15 наукових працях (в тому числі 5 публікацій у виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз RISC, Russia; EBSCO Databases, USA; EBSCO Host Electronic Journals Service, USA; E-Library, Russia; VINITI, Russia; Directory of Open Access Journals, Sweden; Directory of Research Journals Indexing, India; Ulrich's Periodicals Directory, USA; DRIVER, USA; Bielefeld Academic Search Engine, Germany; Index Copernicus, Poland; WorldCat, USA; ResearchBib, USA; Directory Indexing of International Research Journals, Canada; CrossRef, UK; 5 статей в наукових фахових виданнях та 1 в закордонному (одноосібна); 1 електронному виданні, 9 публікацій у збірниках доповідей міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації складає 188 сторінок, із них 160 сторінок основного тексту, що включає 88 рисунків і 8 таблиць. Список використаних джерел налічує 149 найменувань на 18 сторінках, 9 додатків на 28 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У ***вступі*** розкрито стан наукової проблеми та її значущість, обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, показано зв'язок вибраного напрямку досліджень з науковими програмами, планами, темами, сформульовано мету та визначено основні задачі дослідження, наведено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів у вирішенні задачі ідентифікації технічного стану газоперекачувальних агрегатів, розглянуто особистий внесок здобувача, наведені відомості про апробацію та впровадження результатів роботи.

У ***першому розділі*** проведено аналіз літературних джерел та окреслено сучасний стан сформованої наукової задачі.

Проведений аналіз сучасного стану проблеми ідентифікації технічного стану газоперекачувальних агрегатів, як об'єктів керування показав, що основною задачею інформаційного та програмного забезпечення ідентифікації технічного стану ГПА є аналіз даних, отриманих та переданих з нижчих рівнів систем автоматизованого керування ГПА, та вирішення задачі класифікації за результатами цього аналізу. На даний момент, існує велика кількість методів поглибленого аналізу даних параметрів технологічного процесу, що застосовуються в різних галузях промисловості, а також широкий спектр методів вирішення задачі класифікації,

залежно від повноти даних, критерію оптимальності вирішення задачі класифікації, тощо. Крім того, існує широкий спектр автоматизованих систем вібраційного контролю та захисту, що дозволяє попереджувати аварійні ситуації. Сучасний рівень розвитку автоматизованих систем керування ГПА забезпечує операторів великим обсягом первинної інформації, що використовується для ідентифікації їх технічного стану.

Основними проблемами, з якими стикаються сучасні системи ідентифікації технічного стану ГПА є структуризація даних, які характеризуються нерівномірністю їх розподілу у часі, необхідністю врахування індивідуальних особливостей окремих параметрів збереження великих обсягів даних інформаційних параметрів, проведення надлишкових обчислень, тощо. Спостерігається нерівномірність розподілу навантаження між різними рівнями системи, що спричиняє сповільнення процесу ідентифікації технічного стану ГПА.

Крім того, не знайшла на теперішній час свого вирішення задача комплексної ідентифікації технічного стану ГПА. Оцінка здійснюється, як правило, з використанням окремих методів, таких як швидке перетворення Фур'є, вейвлет-аналіз, статистичний аналіз, тощо. Тому актуальною проблемою є вирішення задачі розробки комплексного методу оцінки технічного стану ГПА шляхом аналізу результатів обробки даних параметрів процесу компримування природного газу за допомогою ряду методів поглибленого аналізу даних та методів штучного інтелекту з урахуванням їх інформаційної цінності для уникнення надлишкових обчислень в процесі ідентифікації технічного стану ГПА.

Таким чином, напрямком досліджень стала розробка інформаційного та програмного забезпечення ідентифікації технічного стану газоперекачувальних агрегатів у складі системи автоматизованого керування, що дозволить отримувати комплексну оцінку технічного стану ГПА з урахуванням змін значень технологічних параметрів у часі, за мінімальний час опрацювання даних процесу компримування природного газу.

У другому розділі дисертаційної роботи дисертаційної роботи розглянуто теоретичні засади методу ідентифікації технічного стану ГПА шляхом поглибленого аналізу даних технологічних параметрів процесу компримування природного газу.

Проаналізовано застосування методів машинного навчання при попередній обробці первинних даних технологічних параметрів ГПА. Здійснено порівняльний аналіз різних алгоритмів класифікації при вирішенні задачі ідентифікації технічного стану (Рис.2).

Проаналізовано можливість застосування найпоширеніших сучасних методів поглибленого аналізу даних з метою дослідження явних та прихованих закономірностей у них та їхніх змін у часі, що дає можливість отримати максимальну кількість необхідної інформації про ГПА. Розроблено структуру нейронної мережі для вирішення задачі ідентифікації технічних станів.

Проведено ідентифікацію технічного стану ГПА на основі результатів обробки первинних даних з допомогою ентропійних оцінок, статистичних методів, перетворення Фур'є, кепстрального та вейвлет-аналізу, а також перетворення Гільберта-Хуанга. Проведено порівняльний аналіз достовірності ідентифікації

технічного стану та встановлено, що на первинному етапі визначення аварійної ситуації дослідження статистичних та ентропійних характеристик дає достовірність діагнозу близько 0,98, що дає змогу оперативно визначити передаварійну та аварійну ситуацію. Більш складні обчислювальні методи (ШПФ, ННТ), залежно від структури сигналу, давали достовірність ідентифікації до 0,98, що дає змогу визначити прояви незворотних змін в сигналі, при наближенні агрегату до передаварійного стану.

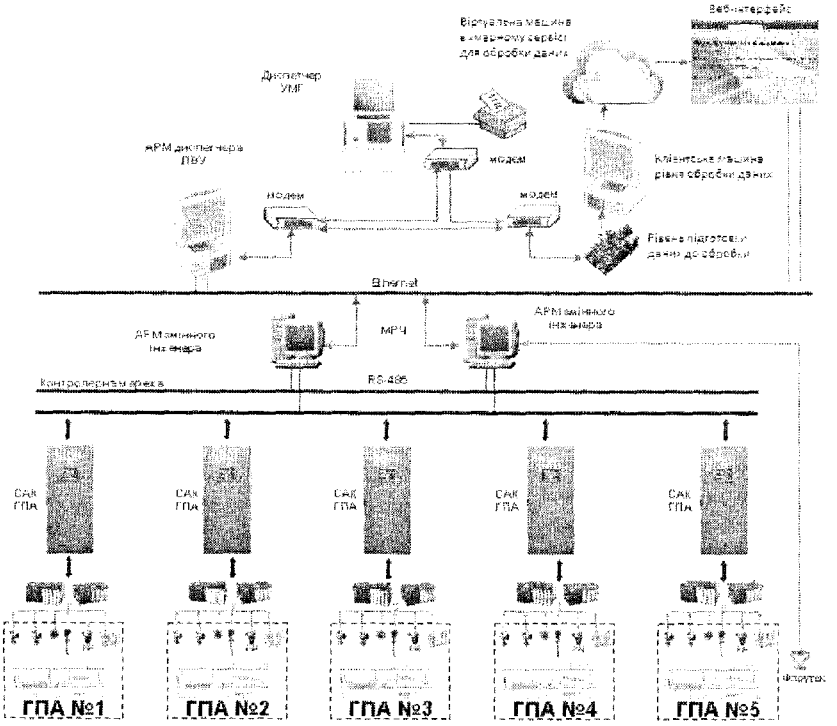

Рисунок 1 – Місце розроблюваного блоку ідентифікації технічного стану ГПА в загальній структурі автоматизованої системи керування

Враховано структуру конкретного сигналу при виборі материнського вейвлета для проведення вейвлет-аналізу сигналу. Це дає можливість вибирати вейвлет-функцію, перетворення за допомогою якої дасть найбільше інформації про зміну стану ГПА в часі.

Рекомендується вибирати вейвлет за наступними критеріями: вейвлети, в яких пакетна декомпозиція сигналу має найменшу ентропію, а також вейвлети, які передають найбільшу енергію сигналу за найменшу кількість розкладів.

Посднанням цих двох оцінок є відношення енергії вейвлет-декомпозиції E_w до ентропії пакетного вейвлет-перетворення H_w:

$$k = \frac{E_w}{H_w} \quad (1)$$

Чим більшим є значення k, тим краще вейвлет підходить для аналізу сигналу даної форми.

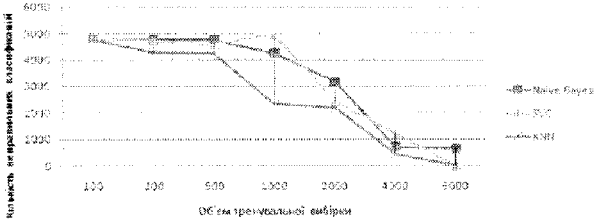

Рисунок 2 – Порівняльний аналіз різних алгоритмів класифікації

Запропоновано алгоритм побудови нового вейвлета, що базується безпосередньо на формі імпульсу, який слід розпізнати. Сигнал генерується на основі поліноміального методу або методу ортогональних констант з вибором форми вейвлета методом найменших квадратів та експортується у вектор значень.

З метою підтвердження гіпотези про придатність згенерованого вейвлета для використання його як шаблону в задачі розпізнавання одиничних імпульсів у часових рядах, було проведено навчання одношарової нейронної мережі з 10 нейронів. Як вхідні дані для навчання мережі було використано значення коефіцієнтів вейвлет-перетворення даних частоти обертання ротора низького тиску газоперекачувального агрегату з допомогою вейвлета Хаара та згенерованого вейвлета.

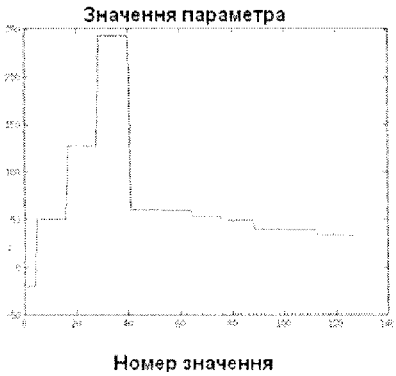

Рисунок 3- Імпульс, для якого вирішувалася задача розпізнавання

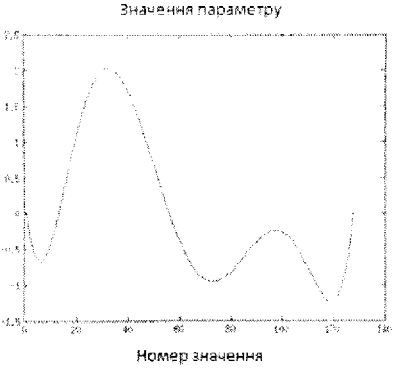

Рисунок 4 - Вейвлет, згенерований за імпульсом

Навчання мережі з допомогою коефіцієнтів розкладу на основі згенерованого вейвлету допускало одиничні помилки на етапі тренування, однак під час валідації і тестування спрацювало безпомилково.

Таким чином, якщо виникає потреба в розпізнаванні системою імпульсу заданої форми в досліджуваному масиві даних технологічних параметрів процесу компримування (окремі такі імпульси можуть свідчити про раптові збої в роботі), вейвлет аналіз з використанням згенерованого материнського вейвлету дозволяє досягнути високої точності (0,95) при вирішенні цієї проблеми.

Запропоновано проведення аналізу даних технологічних параметрів ГПА, виходячи із їхньої інформаційної цінності, яка обчислюється із застосуванням ентропійних оцінок і дає змогу скоротити час ідентифікації технічного стану ГПА, за рахунок зменшення кількості обчислювальних операцій для досягнення необхідної достовірності ідентифікації.

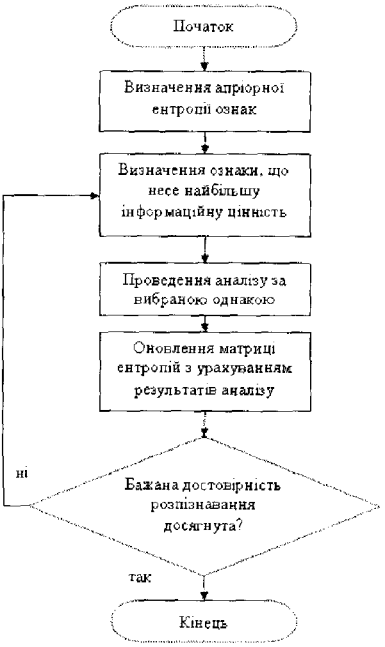

Рисунок 5 - Схема функціонування програмного модуля визначення ознаки, що несе найбільшу інформативність

Загальна інформаційна цінність обстеження за ознакою k_j для системи діагнозів D визначається кількістю інформації, яку вносить обстеження в множину діагнозів:

$$Z_D(k_j) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{s=1}^{m} P(D_i) P\left(\frac{k_{js}}{D_i}\right) \log_2 (P\left(\frac{k_{js}}{D_i}\right) / P(k_{js})) \quad (2)$$

Для реалізації даного алгоритму проведення аналізу даних було створено програмний модуль, що функціонував у послідовності, поданій на рис. 5, визначаючи метод, за яким треба провести аналіз на наступному етапі для оперативної ілентифікації технічного стану об'єкта з заданою достовірністю.

Достовірність діагнозу може визначатися або досягненням ймовірності одного з діагнозів оновленої матриці деякого порогу, близького до 1, або при нульовій ймовірності решти діагнозів.

У ***третьому розділі*** розроблено комплексний метод поглибленого аналізу даних для ідентифікації технічного стану ГПА. Розроблено метод ідентифікації технічного стану газоперекачувального агрегату на основі ентропійних оцінок. Метод можна розділити на 2 етапи – навчання та розпізнавання. Етап навчання (з учителем) проходить наступним чином – від давачів у систему поступають значення параметрів процесу компримування, а також дані про несправності ГПА та їх l рівнів (у даному випадку 4, «несправність не проявляється», «початкові прояви несправності», «допустимий рівень несправності» та «передаварійний стан») зареєстровані раніше і співставлені

у часі з відповідними значеннями технологічних параметрів. Додатково задаються методи аналізу даних, що перелічені в розділі 2. Нехай X – множина параметрів процесу, F – множина несправностей, а M – множина методів обробки даних процесу. За навчальними вибірками проводиться тренування штучної нейронної мережі відповідної структури, з отриманням відповідних матриць змішування класів Z та достовірностей розпізнавання, де Z_{ijk} та t_{ijk} відповідно матриця змішування класів та достовірність розпізнавання i-тої несправності за даними аналізу j-тим методом часових рядів параметру k. Сформуємо із достовірностей t тривимірний масив T розмірності $m \times x \times f$.

Розглянемо етап розпізнавання з достовірністю p.

К1. Сформуємо матрицю стану ГПА S розміром $f \times l$, де s_{ij} – достовірність даного рівня i прояву несправності j. Початковою умовою є рівноймовірність рівнів прояву кожної з несправностей, тобто

$$s_{ij} = 1/l, \forall i, j \tag{3}$$

К2. Обчислимо середню достовірність q, що вносить результат аналізу j-тим методом часових рядів параметру k за всіма несправностями із множини f:

$$q_{jk} = \sum_{i=1}^{f} t_{ijk}, \forall j, k \tag{4}$$

К3. Сформуємо з отриманих значень матрицю Q розмірності $j \times k$ та знайдемо елемент з максимальним значенням та індекси його рядка та стовпчика a та b.

К4. Відповідний даному елементу метод a обробки часових рядів параметру функціонування ГПА b буде першим для проведення обчислення. Проведемо обробку та класифікацію отриманих після обробки значень нейронною мережею. Результатом роботи нейромережі буде висновок щодо рівня l прояву несправності ГПА за даними обробки.

К5. Для кожної несправності i, за відповідної методу a та параметру b матриці змішування Z виберемо рядок, що відповідає рівню l, який містить похибки розпізнавання мережі, коли результуючим класом був клас l. Відповідному рядку матриці S, що відповідає даній несправності, присвоїмо значення елементів

$$s_{ij} = 1 - z_{ij} \tag{5},$$

де Z_{ij} - відсоток класифікацій штучною нейронною мережею навчальних вибірок, що належать до класу i як клас j.

У тому випадку, коли це не перша ітерація алгоритму, значення елементу s_{ij} обчислимо за формулою:

$$s_{ij} = \frac{(s_{ij}[n-1])(n-1) + (1 - z_{ij})}{n} \tag{6},$$

де $s_{ij}[n-1]$ - попереднє значення s_{ij}, n – номер ітерації.

К6. Перевірка значень матриці S, що задовольняють умову $s_{ij} \geq p$ або $s_{ij} \leq 1 - p$. Рівні прояву несправностей, достовірність яких за результатами проведених розрахунків рівна p або більше, вважаються достовірними і враховуються в кінцевій оцінці, а розрахунки достовірності прояву даної несправності на наступних етапах не враховуються. Рівні прояву несправностей, достовірність яких за результатами

проведених розрахунків менша за *(1-p)*, вважаються невірогідними і виключаються з подальших обчислень, а достовірність розпізнавання для даної несправності розраховується для рівнів, що залишилися.

К7. Якщо після виконання кроків К3-К6 для однієї із неправностей достовірність розпізнавання рівня прояву «аварійний стан» перевищує 50%, вибирається метод обробки і параметр *k* такий, що задовольняє умову:

$$\max\{t_{ijk} : k = f\}\forall i, j \qquad (7),$$

де f – несправність, що, ймовірно, проявляється на рівні передаварійного стану. Після цього виконується перехід на К4. Якщо ідентифікується передаварійний стан, система повідомляє про це оператору.

К8. Якщо достовірні оцінки рівня прояву для всіх несправностей не визначені, перейти на К3, виключивши вже проведені методи аналізу.

Критерієм зупинки виконання алгоритму є досягнення достовірних оцінок рівня прояву для всіх несправностей, що є вищими за p, або відсутність зростання рівня достовірності для одного з показників на 0,01 за 5 останніх ітерацій.

Загальна оцінка стану ГПА оцінюється наступним чином: оцінкам стану «відмінний», «нормальний», «допустимий», «передаварійний» присвоюються значення від 1 до 4. Аналогічні значення присвоюються оцінкам рівня прояву несправностей: «несправність не проявляється», «початкові прояви несправності», «допустимий рівень несправності» та «передаварійний стан». Для кожної оцінки стану ГПА обчислюється сума хемінгових відстаней між нею та кожною з оцінок рівня прояву несправностей.

$$d_l = \sum_{i=1}^{f} s_{il} - l, \forall l. \qquad (8)$$

За остаточну оцінку технічного стану ГПА вибирається та, значення суми d_l для якої є мінімальним. У випадку, якщо хоча б одна несправність проявляється на рівні передаварійного стану, загальний стан ГПА вважається передаварійним.

Запропоновано структурну схему автоматизованого керування з урахуванням результатів ідентифікації технічного стану ГПА.

Запропоновано концепцію адаптивного клієнта у складі блоку ідентифікації технічного стану для уникнення перенавантаження на один із рівнів системи при наявності вільних ресурсів на інших рівнях. Розроблено алгоритм, що реалізує дану концепцію. Для рівномірного навантаження всіх рівнів апаратного забезпечення блоку ідентифікації технічних станів, введено оцінку поточного навантаження на ресурси рівня.

$$l = (1 - l_{HDD})M_{HDD}(1 - l_{RAM})M_{RAM}(1 - l_{CPU})M_{CPU}, \qquad (9)$$

де l_{HDD}, l_{RAM}, l_{CPU} – частина навантаження на жорсткий диск, оперативну пам'ять та процесор клієнта (сервера) відповідно, отриманий з допомогою інструменту RSUtils4Python; M_{HDD}, M_{RAM}, M_{CPU} – результат бенчмаркінгу (оцінки загальних характеристик машини при нульовому навантаженні) для жорсткого диска, оперативної пам'яті та центрального процесора відповідно.

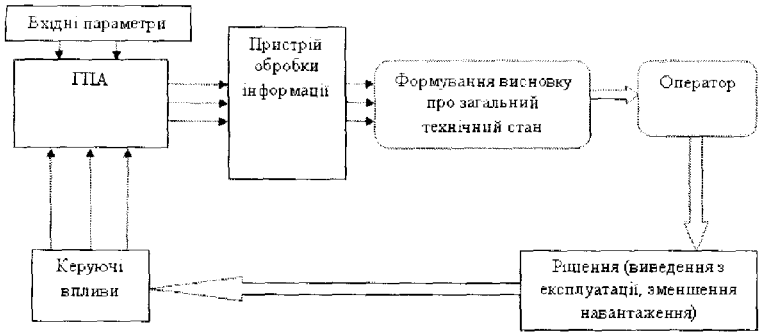

Рисунок 6 – Схема автоматизованого керування з урахуванням технічного стану ГПА

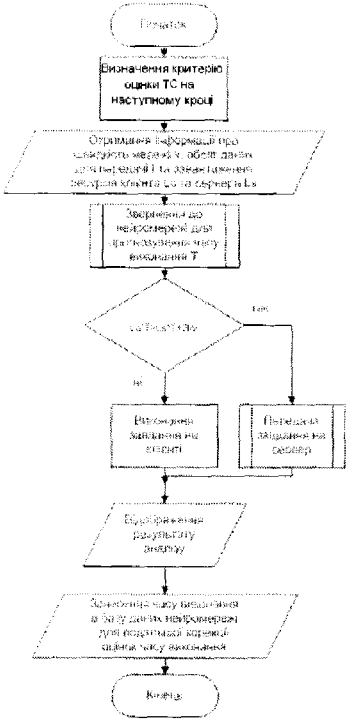

Рисунок 7 - Алгоритм проведення аналізу даних на стороні клієнта

Розроблено та програмно реалізовано комплексний алгоритм процесу ідентифікації технічного стану газоперекачувального агрегату на трьох рівнях системи блоку ідентифікації з урахуванням концепції адаптивного клієнта. Наведений результат функціонування такого алгоритму – ідентифікація технічного стану тестової обертової установки з заданою вірогідністю. Крім того, розроблена схема руху та зберігання даних технологічних параметрів процесу компримування природного газу та результатів їх аналізу поглибленими методами, а також структура бази даних, що є складовою реалізації цієї схеми.

У ***четвертому розділі*** здійснено розробку структурної схеми інформаційного та програмного забезпечення блоку ідентифікації технічних станів ГПА .

Виходячи з поставленої задачі, вибрано трьохрівневу архітектуру блоку ідентифікації технічного стану у складі автоматизованої системи керування для оптимального розподілу навантаження на обчислювальні ресурси при проведенні аналізу даних

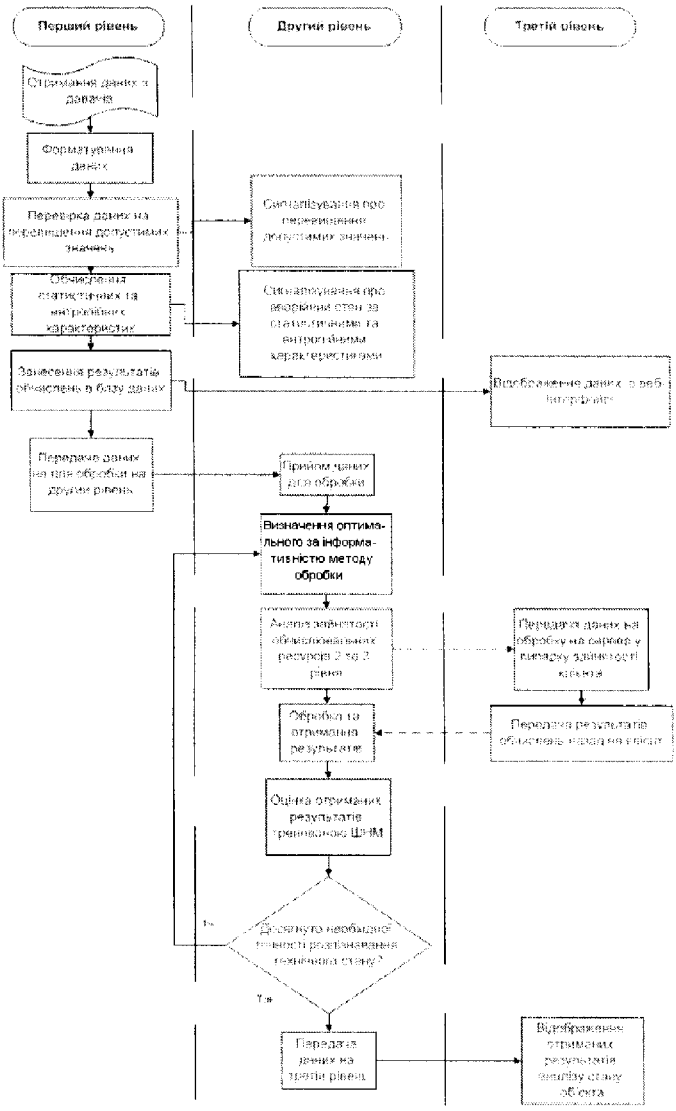

Рисунок 8 – Схема процесу ідентифікації технічного стану об'єкта

Розроблено метод вибору апаратного забезпечення клієнтської машини, оптимального за критерієм відношення ціни до рейтингу надійності, базований на алгоритмі пошуку найкоротшого шляху.

Сформулюємо задачу наступним чином: нехай існує масив пристроїв, згрупованих за типами (накопичувачі даних, процесори, материнські плати, тощо).

Розроблювана система характеризується матрицею X розмірністю $m \times n$. x_{ij} - присутність в ній і-того пристрою j-го типу

$$x_{ij} = \{0;1\}, i = \overline{1,n}, j = \overline{1,m} \tag{10}$$

c_{ij} - вартість і-того пристрою j-го типу. Загальна вартість апаратного забезпечення:

$$C = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} c_{ij} \tag{11}$$

Система вміщує n_j пристроїв j типу

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = n_j, j = \overline{1,m} \tag{12}$$

Кожен *i*-тий пристрій *j*-го типу володіє властивістю a_{ij}, що характеризує якість апаратного забезпечення. Необхідно таким чином підібрати комплект необхідних пристроїв, щоб виконувалась вимога

$$\sum_{i=1}^{n} a_{ij} x_{ij} = b_j, j = \overline{1,m} \tag{13}$$

де b_j - якість, якій повинен відповідати і-тий пристрій j-го типу.

Отже, маємо таку задачу:

$$\min : \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} c_{ij} x_{ij} \tag{14}$$

за обмежень (11), (12) та (13).

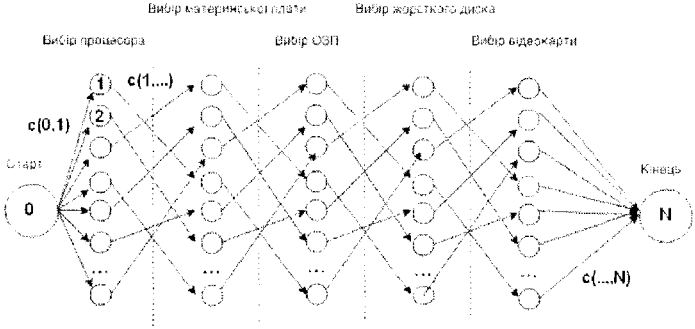

Рисунок 9 – Загальний вигляд графа вибору апаратного забезпечення

Розроблено структуру програмного забезпечення блоку ідентифікації технічного стану та здійснена його програмна реалізація з урахуванням найменшого за часом та використанням ресурсів системи розподілу навантаження з використанням сучасних тенденцій та засобів розробки програмного забезпечення. Наведено призначення кожного з функціональних модулів ПЗ.

Розроблено графічний інтерфейс користувача, базований на web-технологіях, що дозволяє отримати доступ до результатів роботи системи з будь-якого обчислювального пристрою, що має встановлений браузер для перегляду веб-

сторінок. Крім того, такий підхід дозволяє легко масштабувати та розширювати функціональні можливості такого інтерфейсу.

Наведено приклад роботи розробленої системи в режимі ідентифікації технічного стану тестової обертової установки та газоперекачувального агрегату. Система діє в режимі порадника оператору, надаючи інформацію про поточний стан вузлів та об'єкта керування в цілому шляхом відображення оцінок параметрів їхнього функціонування.

У ***висновках*** сформульовано наукові та практичні результати дисертаційної роботи.

У ***додатках*** наведено дані про типові несправності газоперекачувальних агрегатів та їх прояви в даних технологічного процесу, параметри, що реєструвалися системою контролю технічного стану, вихідні коди програм для імпорту та форматування даних, обробки даних різними методами, код створення штучної нейронної мережі для вирішення задачі розпізнавання, код створення бази даних, а також представлено акти щодо впровадження отриманих результатів дисертаційних досліджень.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне узагальнення та нове вирішення науково-практичної задачі у галузі автоматизації процесів керування - розробку методу, а також інформаційного та програмного забезпечення автоматизованої системи для ідентифікації технічних станів ГПА і отримано такі основні результати:

1. Аналіз літературних джерел з питань побудови процесу ідентифікації технічного стану ГПА, застосування методів поглибленого аналізу даних та методів штучного інтелекту, сучасного стану розвитку систем вібродіагностики та вібраційного захисту газоперекачувальних агрегатів виявив, що невирішеною залишається наукова задача розроблення методу та алгоритмів ідентифікації технічного стану ГПА з заданою достовірністю за мінімальний час із застосуванням сучасних технологій розпізнавання образів, поглибленого аналізу даних та залученням апаратних засобів передачі, опрацювання та архівування великих обсягів даних технологічного процесу. Ця задача на сьогоднішній день є актуальною, оскільки її вирішення дає змогу отримувати оцінку технічного стану ГПА як об'єкта автоматичного керування з урахуванням змін значень технологічних параметрів у часі, за мінімальний час опрацювання даних процесу компримування природного газу.

2. Порівняльний аналіз ефективності методів штучного інтелекту для вирішення задачі класифікації та аналіз ефективності методів поглибленого аналізу даних при роботі з технологічними параметрами процесу компримування природного газу, які мають різний характер зміни в часі, показав, що в умовах неповноти інформації найефективнішим вирішенням задачі класифікації є застосування штучних нейронних мереж, а достовірність результатів класифікації за даними, отриманими в результаті обробки значень технологічних параметрів процесу, залежить від характеристик зміни значень цих параметрів у часі.

3. Розроблений метод мінімізації часу ідентифікації технічного стану, що базується на врахуванні інформаційної цінності результатів опрацювання окремих параметрів технологічного процесу різними методами, що дає змогу уникнути виконання надлишкових обчислень при аналізі даних технологічних параметрів процесу компримування природного газу.

4. Розроблено комплексний метод розпізнавання імпульсів певної форми у структурі параметрів технологічного процесу на основі вейвлета, згенерованого за формою шуканого імпульсу, що дало змогу підвищити достовірність виявлення окремих імпульсів в технологічних параметрах ГПА, до 0,95.

5. Розроблено концепцію адаптивного клієнта у складі клієнт-серверної архітектури, на базі якої функціонує інформаційне та програмне забезпечення, що дозволяє рівномірно розподілити обчислювальні задачі між рівнями системи, залежно від їхньої обчислювальної потужності.

6. Розроблено та програмно реалізовано алгоритм процесу ідентифікації технічного стану ГПА з урахуванням результатів роботи алгоритму мінімізації часу ідентифікації та алгоритму, що реалізує концепцію адаптивного клієнта, схему руху даних та структуру бази даних, що дозволило досягти достовірності ідентифікації технічного стану ГПА не гірше, ніж 0,98 з уникненням надлишкових обчислень, що збільшують час розпізнавання.

7. Розроблено метод вибору оптимального апаратного забезпечення за критерієм відношення ціни до якості на основі алгоритму пошуку найкоротшого шляху, що дозволило швидко вибрати апаратне забезпечення для ефективного функціонування розробленого інформаційного та програмного забезпечення. \

8. Синтезовано та реалізовано структуру інформаційного та програмного забезпечення ідентифікації технічного стану ГПА у складі автоматизованої системи керування, а також розроблено доступний та інтуїтивно зрозумілий графічний інтерфейс користувача. Розроблене інформаційне та програмне забезпечення прийняте до впровадження в впровадження в філії УМГ «КИЇВТРАНСГАЗ» ПАТ «УКРТРАНСГАЗ», а основні результати роботи впроваджені у навчальний процес.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Слабинога М. О. Алгоритм сжатия данных технологического процесса, основанный на вейвлете Хаара / М.О. Слабинога // GESJ: Computer Science and Telecommunications. – 2013. – № 4(40). – С. 44-50. (Входить до наукометричних баз EBSCO Databases, EBSCO Host Electronic Journals Service, E-Library, VINITI, Russia; Directory of Open Access Journals, Directory of Research Journals Indexing).

Розроблено алгоритм стиснення технологічних даних.

2. Горбійчук М.І. Оптимізація процесу ідентифікації технічного стану газоперекачувальних агрегатів звикористанням ентропійних оцінок / М.І. Горбійчук, М.О. Слабінога // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 1/3(67). – С. 8-11. (Входить до наукометричних баз Directory of Open Access Journals, Directory of Research Journals Indexing, Ulrich's Periodicals Directory, DRIVER, Bielefeld Academic Search Engine, Index Copernicus, WorldCat, ResearchBib, Directory Indexing of International Research Journals, CrossRef).

Розроблено алгоритм побудови аналізу даних з урахуванням інформаційної цінності.

3. Горбійчук М. І. Застосування концепції адаптивного клієнта в комп'ютерній системі технічної діагностики. / М. І. Горбійчук, М.О. Слабінога // Восточно-Европейский журнал передовых технологий – 2014. - №4/2(70). – Р. 28-32. (Входить до наукометричних баз Directory of Open Access Journals, Directory of Research Journals Indexing, Ulrich's Periodicals Directory, DRIVER, Bielefeld Academic Search Engine, Index Copernicus, WorldCat, ResearchBib, Directory Indexing of International Research Journals, CrossRef).

Розроблено концепцію адаптивного клієнта та метод, що її реалізує.

4. Слабінога М. О. Ідентифікація технічного стану газоперекачувального агрегату з використанням ентропійних характеристик / М.О. Слабінога // Сборник научных трудов Sworld – 2014. - №3(36). – Р. 87-90. (Входить до наукометричної бази RISC).

Розроблено метод застосування ентропійних оцінок для побудови процесу аналізу технічного стану.

5. Слабинога М. О. Разработка структуры аппаратного обеспечения компьютерной системы распознавания технических состояний промышленных объектов. / М.О. Слабинога, Б.В. Пашковский // Сборник научных трудов Sworld – 2014. - №4(37). – Р. 87-90. (Входить до наукометричної бази RISC).

Розроблено апаратне забезпечення блоку ідентифікації технічних станів ГПА.

6. Кропивницька В.Б. Дослідження алгоритмів диспетчеризації в комп'ютерних системах / В.Б. Кропивницька, Б.В. Клим, А.Г. Романчук, М.О. Слабінога // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2011. – № 2(39). – С. 93-105.

Проаналізовано переваги та недоліки алгоритмів диспетчеризації.

7. Горбійчук М. І. Використання прямокутних ортогональних функцій для оцінки технічних станів промислових об'єктів / М.І. Горбійчук, М. О. Слабінога // Методи та прилади контролю якості. – 2013. – № 1(30). – С. 92-97.

Проаналізовано дані технологічних параметрів вейвлет-перетворенням за основними сімействами вейвлетів.

8. Слабінога М.О. Застосування алгоритмів машинного навчання в оперативній діагностиці несправностей технологічних об'єктів / М.О. Слабінога // Розвиток наукових досліджень 2013: матеріали дев'ятої міжнародної науково-практичної конференції, м. Полтава, 25-27 листопада 2013р. – Полтава, 2013. –С. 77–79.

Розглянуто можливість класифікації на основі бітових масок ознак та діагнозів.

9. Горбійчук М.І. Порівняльний аналіз ефективності алгоритмів класифікації при роботі з даними параметрів функціонування газоперекачувальних агрегатів / М.І. Горбійчук, М.О. Слабінога // Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання: збірник тез доповідей 4 науково-практичної конференції, м. Івано-Франківськ, 26-27 листопада 2013р. – Івано-Франківськ, 2013. –С. 31–33.

Проведено аналіз ефективності вирішення задачі розпізнавання образів різними інтелектуальними методами.

10. Горбійчук М.І. Використання алгоритмів машинного навчання в аналізі даних технологічних параметрів промислових об'єктів з метою визначення їх технічного стану / М.І. Горбійчук М.О. Слабінога // Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості: збірник тез доповідей, м. Івано-Франківськ, 8-11 жовтня 2013р. – Івано-Франківськ, 2013. –С. 132–134.

Проаналізовано можливість використання алгоритмів машинного навчання в аналізі даних технологічних параметрів.

11. Слабінога М. О. Застосування оцінок ентропії технологічних параметрів об'єктів при оцінці їх технічного стану / М.О. Слабінога, О. Т. Лазорів // Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах Європи та Азії: збірник наукових праць 6 міжнародної науково-практичної конференції, м. Переяслав-Хмельницький, 29-30 вересня 2014 р. – Переяслав-Хмельницький, 2014. – С. 108-109.

Запропоновано застосування ентропійних оцінок технологічних параметрів в задачі ідентифікації.

12. Горбійчук М. І. Паралельний алгоритм синтезу емпіричних моделей оптимальної складності на засадах генетичних алгоритмів / М.І.Горбійчук, М.О.Слабінога, В.М.Медведчук // Методи та прилади контролю якості. – 2013. – № 2(31). – С. 99-108.

Експериментально досліджено ефективність паралельних алгоритмів при виконанні великих обчислювальних задач.

13. Слабінога М. О. Методика вибору вейвлету для аналізу даних в процесі ідентифікації технічного стану промислових об'єктів / М.О. Слабінога // Перспективні напрямки світової науки: збірник статей учасників 7 міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційний потенціал світової науки XXI сторіччя», м. Запоріжжя, 08-13 жовтня 2014 р. – Запоріжжя, 2014. –С. 72-73.

Розроблено метод вибору вейвлета залежно від сигналу, що аналізується.

14. Слабінога М. О. Використання методу декомпозиції емпіричних мод в аналізі вібраційних даних / М.О. Слабінога, Б.В. Пашковський // Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах Європи та Азії: збірник наукових праць 8 міжнародної науково-практичної конференції, м. Переяслав-Хмельницький, 29-30 листопада 2014 р. – Переяслав-Хмельницький, 2014. –С. 233-237.

Проаналізовано можливість використання методу декомпозиції емпіричних мод для вирішення задачі ідентифікації технічного стану ГПА.

15. Слабінога М.О. Розробка програмного забезпечення автоматизованої комп'ютерної системи розпізнавання технічних станів технологічних об'єктів / М.О. Слабінога //Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання: збірник матеріалів доповідей 7 міжнародної науково-практичної конференції, м. Івано-Франківськ, 25-28 листопада 2014р. – Івано-Франківськ, 2014. –С. 158–161.

Розроблено програмне забезпечення блоку ідентифікації технічних станів ГПА.

АНОТАЦІЯ

Слабінога М. О. Інформаційне та програмне забезпечення ідентифікації технічного стану газоперекачувального агрегату як об'єкта керування. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування. – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Міністерство освіти і науки України, Івано-Франківськ, 2016.

Дисертацію присвячено розробці комплексного методу ідентифікації технічного стану газоперекачувального агрегату (ГПА) як об'єкта керування, а

також розробці інформаційного та програмного забезпечення у складі системи автоматизованого керування ГПА, що реалізує даний метод.

На основі аналізу структури процесу ідентифікації технічного стану газоперекачувальних агрегатів на основі даних технологічного процесу компримування природного газу, основних етапів підготовки даних до обробки, методів поглибленого аналізу даних та методів опрацювання результатів, розроблено комплексний метод ідентифікації технічного стану газоперекачувальних агрегатів на основі параметрів процесу функціонування із застосуваннями методів аналізу даних та методів штучного інтелекту, що дає змогу виявити і попереджувати аварійні ситуації. Розроблено, на основі ентропійних оцінок, алгоритм побудови процесу аналізу з урахуванням інформаційної цінності ознак, що дало можливість досягати заданої достовірності оцінки стану за мінімальний час. Розроблено та реалізовано концепцію адаптивного клієнта блоку ідентифікації технічного стану ГПА у складі автоматизованої системи керування,, що дає змогу розподілити обчислювальні задачі між ресурсами системи, виходячи з їх поточної завантаженості та скоротити час обчислень. Синтезоване програмне забезпечення ідентифікації технічного стану ГПА, що дає змогу оцінити технічний стан ГПА з заданою точністю за найкоротший час на основі даних про його функціонування. Знайшов подальший розвиток метод розпізнавання імпульсів певної форми у структурі параметрів технологічного процесу на основі вейвлета, згенерованого за формою шуканого імпульсу, що дало змогу підвищити достовірність виявлення таких імпульсів.

Ключові слова: газоперекачувальний агрегат, автоматизована система керування, ідентифікація технічних станів, інформаційне та програмне забезпечення.

АННОТАЦИЯ

Слабинога М. О. Информационное и программное обеспечение идентификации технического состояния газоперекачивающего агрегата как объекта управления. - На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.07 - автоматизация процессов управления. - Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Министерство образования и науки Украины, Ивано-Франковск, 2016.

Диссертация посвящена разработке комплексного метода идентификации технического состояния газоперекачивающего агрегата (ГПА) как объекта управления, а также разработке информационного и программного обеспечения в составе системы автоматизированного управления ГПА, реализующего данный метод.

Исходя из анализа структуры процесса идентификации технического состояния газоперекачивающих агрегатов на основе данных технологического процесса компримирования природного газа, основных этапов подготовки данных к обработке, методов углубленного анализа данных и методов обработки результатов, разработан комплексный метод идентификации технического состояния газоперекачивающих агрегатов на основе параметров процесса функционирования с применением методов анализа данных и методов искусственного интеллекта, позволяющий определять и предупреждать аварийные ситуации. Разработан на

основе энтропийных оценок, алгоритм построения процесса анализа с учетом информационной ценности признаков, что позволило достигать заданной достоверности оценки состояния за минимальное время. Разработана и реализована концепция адаптивного клиента блока идентификации технического состояния ГПА в составе автоматизированной системы управления, что позволяет распределить вычислительные задачи между ресурсами системы, исходя из их текущей загруженности, тем самым сокращая время вычислений. Синтезировано программное обеспечение идентификации технического состояния ГПА, которое позволяет оценить техническое состояние ГПА с заданной точностью за короткое время на основе данных о его функционировании. Нашел дальнейшее развитие метод распознавания импульсов определенной формы в структуре параметров технологического процесса на основе вейвлета, сгенерированного по форме искомого импульса, что позволило повысить достоверность выявления таких импульсов.

Ключевые слова: газоперекачивающий агрегат, автоматизированная система управления, идентификация технических состояний, информационное и программное обеспечение.

ABSTRACT

Slabinoha M. Informational supply and software of identifying the technical state of gas compressor unit as the control object - The manuscript.

Thesis for the candidate of technical sciences degree, specialty 05.13.07 - automation of control process. - Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ministry of Education and Science of Ukraine, Ivano-Frankivsk, 2016.

The thesis is devoted to developing an integrated method of identifying the technical state of gas compressing units (GCU) as control object, and development of informational and software in the automatic control system of GCU that implements this method.

By analyzing the structure of the identification process for technical state of gas compressor units based on data from process of natural gas compression, the main stages of preparing the data to the processing methods of advanced data analysis techniques, there was developed a comprehensive method of identifying the technical state of gas compressor units based on the parameters of the functioning, application of data analysis methods and techniques of artificial intelligence, that give possibility to detect and prevent accidents. Developed, based on entropy estimates, construction of process analysis algorithm, based on information value features that made it possible to achieve the desired reliability assessment in the minimum time. Developed and implemented the concept of adaptive client for identification of GCU technical condition in the automated control system, which makes it possible to distribute computing tasks between resources system, based on their current workload and reduce the computation time. Synthesized software for identification of GCU technical condition that allows to evaluate the technical condition of the GCU with given accuracy in the shortest time based on it's performance. Found further development the method of recognition of pulse with certain form in the structure of process parameters, based on wavelet generated by the form of the desired pulse, leading to improved reliability of detection of such pulses.

Keywords: gas compressing unit, automa[illegible]tification of technical condition, informational structure and so

НТБ
ІФНТУНГ
an2610