

В І Д Г У К

офіційного опонента доктора технічних наук, професора

Головка В'ячеслава Ілліча

на дисертаційну роботу ***Приходченка Сергія Дмитровича***

«Багатокритерійна ідентифікація стану та керування гідротранспортом
збагачувальної фабрики на основі нейроподібної структури»,

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.13.07 – Автоматизація процесів керування

1. Актуальність теми дисертаційної роботи, зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Вибір теми дисертаційної роботи обумовлений необхідністю невідпущеної підтримки процесів збагачення руди на збагачувальній фабриці. В даний час процес гідротранспортування управляється в ручному режимі оператором, який керує низкою паралельно функціонуючих одиничних гідротранспортних систем, що мають однакові параметри в частині обладнання і геометрії трубопроводів. Основним завданням системи гідротранспортування збагачувальної фабрики є підтримка сталого функціонування основних збагачувальних агрегатів фабрики. При цьому, періодично гідротранспортне обладнання повинно проходити регламентні ремонтні роботи, проте можливі і позапланові ремонти при виході з ладу одного з елементів гідротранспортної системи. У таких випадках оператор виводить одиничну гідротранспортну лінію з процесу, продуктивність якої в цьому випадку падає до нуля, а її навантаження перерозподіляється на паралельні відрізки системи гідротранспортування.

Системи гідротранспортування мають досить складну структуру і характеризуються високою залежністю від стохастичних змін деяких параметрів, як щільність пульпи і крупність твердого в пульпі, завантаженість попередніх стадій переробки. Одночасно з тим, зміни в геометрії трубопроводів, викликають зміни в русі потоків пульпи, і поступовий знос елементів також є складними для контролю факторами.

Головним елементом цих систем є ґрунтовий або шламовий насос, який є двигуном шламу в системі. При цьому, відомо, що контроль за допомогою аналізу спектрів споживаної потужності електродвигунів шламових насосів здатний надати інформацію про роботу рухомих частин системи, на рух яких витрачається електроенергія.

Сукупність названих факторів обумовлює наявність в області діагностики гідротранспортних систем невирішених завдань, зокрема: задача створення засобів оперативної ідентифікації працездатного стану як окремих вузлів, так і всієї системи в цілому, і підтримка прийняття управлінських рішень оператором системи гідротранспортування.

По суті в роботі вирішується завдання створення системи управління обладнанням по забезпеченню заданої продуктивності і надійності, що в сучасних умовах є важливим і актуальним завданням. Перехід до ідеї системи управління комплексом, де на основі однієї системи йде управління всім комплексом, є логічним і обґрунтованим кроком, де за теорією надійності, відбувається об'єднання всіх ліній в один комплекс.

Тому актуальним є наукове завдання визначення залежності частот спектру споживаної миттєвої активної потужності (СМАП) електродвигуна шламового насосу від густини пульпи та положення заслінки в умовах невизначеності процесу гідротранспортування, та прийняття рішень за допомогою системи моделей гідротранспорту збагачувальної фабрики, що зумовлене об'єктивною потребою комплексного вивчення питання підвищення точності керування й достовірності ідентифікації стану системи гідротранспорту під час роботи технологічного устаткування в передаварійних і аварійних режимах.

У даній роботі вперше з'являється система дозволяє вирішити питання управління з точки зору продуктивності, де продуктивність прагне до 1, щоб витримати подальший хід збагачувального процесу. У даній роботі метою можна назвати забезпечення максимальної ефективності комплексу, а завданням управління - управління по суті надійністю комплексу, для чого на етапі дослідження розглядається тільки одна лінія.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Робота виконана на кафедрі програмного забезпечення комп'ютерних систем Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» відповідно до напрямів науково-дослідних держбюджетних тем «Інтелектуальні технології управління процесами гірничого виробництва в задачах енергозбереження та енергоефективності» (№ ДР 0113U000402, 2014-2015 рр.) і «Енергозберігаюче управління електромеханічними технологічними комплексами і системами гірничо-металургійної промисловості» (№ ДР 0115U002296, 2015-2017 рр.).

2. Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертаційній роботі, в достатній мірі обґрунтовані і повністю витікають із проведених досліджень. Обґрунтування основних положень, висновків та рекомендацій та достовірність отриманих положень підтверджується коректним використанням математичного апарату; великим обсягом дослідних даних, отриманих у реальних режимах роботи технологічних агрегатів; застосуванням сучасних методів експериментальних досліджень в умовах ПрАТ «Полтавський ГЗК»; експериментальним підтвердженням адекватності методів і моделей.

Структура, обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, 11 додатків. Загальний обсяг друкованого тексту становить 243 сторінки, із них 110 сторінок основного тексту, 68 рисунків, 13 таблиць, список використаних джерел містить 153 найменування, та 11 додатків.

У вступі міститься обґрунтування актуальності теми дисертаційної роботи, об'єкт і предмет дослідження, наукова новизна, практичне значення отриманих результатів та інші дані, що регламентовані вимогами МОН України до структури дисертаційної роботи.

У першому розділі проведено аналіз та оцінку сучасного стану існуючих методів діагностики відомих гідротранспортних систем. На основі проведеного аналізу виконано обґрунтування необхідності розробки математичних моделей, методів та алгоритмів ідентифікації та функціональної діагностики працездатності гідротранспортних систем шляхом дослідження закономірностей зміни стану параметрів гідротранспортної системи з використанням методології штучного інтелекту.

У другому розділі створено модель системи гідротранспорту на основі рівнянь руху роторів Джеффкотта. На основі рівнянь ланцюгових дробів розроблено модель шламового насосу. На їх основі запропоновано метод діагностики стану системи гідротранспорту, що в своїй основі містить контроль відхилень елементів спектру споживаної миттєвої активної потужності (СМАП) двигуна ШН від його технологічних та геометричних параметрів із врахуванням втрат через знос механізмів. В розділі побудовано ряд еталонних спектрів, та отримано схеми «Елемент-Відмова-Ознака» та загальну схему відмов та їх ознак. Таким чином, розроблену схему причинно-наслідкових зв'язків аварійних станів, відмов та їх ознак застосовано до зведеної таблиці зі списком елементів і відмов для кожного з них, переліком ознак, що супроводжують кожен відмову та сформовано список методів діагностики та ремонту.

У третьому розділі зведені результати експериментальних досліджень, що були проведені на 2-й збагачувальній фабриці Полтавського ГЗК. Також в розділі проведені кореляційно-спектральні дослідження, які дозволили внести уточнення в розроблену модель, які стосувалися розвитку коливань трубопроводів, та урахуванню їх динаміки в загальному процесі гідротранспортування. Окрім того були зафіксовані раніше не описані залежності елементів спектрів споживаної миттєвої активної потужності електродвигунів шламових насосів від технологічних та технічних параметрів системи гідротранспорту, що дає змогу поліпшити контроль станів гідротранспортної мережі збагачувальної фабрики.

У четвертому розділі описано системи автоматичного керування, що запропоновані в якості елементів системи підтримки прийняття керуючих

рішень, такі як система, на базі теоретико-множинного підходу; система, що базується на моделі прогнозного контролю.

Розроблена нейроподібна структура та здійснено імітаційне моделювання її роботи яке дало змогу перевірити працездатність системи в цілому та ефективність запропонованих рішень. Розроблено структуру системи підтримки прийняття рішень для управління системою гідротранспорту. На основі проведених обчислювальних експериментів зроблено висновок, що застосування даного програмного засобу дозволяє підвищити сформований у роботі критерій ухвалення правильних рішень з застосуванням запропонованої структури щодо критерій ухвалення правильних рішень методів, що були відомі.

У загальних висновках по дисертації відображені результати, одержані в процесі проведення дисертаційних досліджень.

У додатках наведені таблиці параметрів досліджуваних моделей, програмні коди, а також документи впровадження результатів дисертації.

3. Наукова новизна результатів, що отримані у дисертаційній роботі.

Аналіз дисертаційної роботи дозволяє зробити висновок, що автором у процесі досліджень отримані такі нові основні результати:

Наукові положення, що виносяться на захист:

1. Залежність амплітуди інфранизьких частот у діапазоні від 0 до 3,0 Гц спектра споживаної миттєвої активної потужності привідного електродвигуна шламового насоса прямо пропорційна густині пульпи, що дає змогу підвищити достовірність процесу ідентифікації останнього параметра, ураховуючи нестационарну турбулентність потоку в ГТС і зумовлені нею похибки відомих методів вимірювання густини пульпи.

2. Амплітудний рівень інтервальних частот 32, 38, 44, 125 Гц спектра споживаної миттєвої активної потужності привідного електродвигуна шламового насоса є залежним від ступеня відкриття заслінки, що дозволяє

підвищити точність ідентифікації стану системи гідротранспорту під час роботи технологічного устаткування в передаварійних і аварійних режимах.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що:

1. Уперше представлено ситуаційну модель технологічного процесу гідротранспортування рудної пульпи на збагачувальній фабриці, розроблену з урахуванням теоретико-множинного підходу для прискорення прийняття управлінських рішень в умовах інформаційної невизначеності.

2. Удосконалено математичну модель, що підвищує ефективність контролю за станом та керованістю об'єкта на основі багатомасової системи роторів Джеффкотта-Лавалю, яка дає змогу ідентифікувати спектр відмов ГТС, ураховуючи зношування елементів конструкції, що сприяє її динамічній адаптації до змін параметрів системи в результаті некритичного зношування устаткування на відміну від раніше застосованих методів ідентифікації систем гідротранспорту.

3. Уперше виявлено закономірність зміни частот споживаної миттєвої активної потужності (СМАП) електродвигуна від густини пульпи, яка транспортується, а також положення заслінки, що адаптована в інтелектуальну систему ідентифікації станів і керування ГТС. Це дає змогу підвищити ефективність контролю даних параметрів і керування процесом гідротранспортування.

4. Розроблено самонавчальну нейроподібну систему для багатокритерійної ідентифікації станів і керування процесом внутрішньофабричного гідротранспортування рудної пульпи на збагачувальній фабриці, що включає методи ідентифікації та критерії оцінювання самонавчання для кожного з методів, яка дозволила підвищити значення розробленого критерію ухвалення правильних рішень щодо раніше відомих методів.

4. Практичне значення отриманих результатів.

1. Розроблено методичне, технічне та програмне забезпечення для реалізації методу контролю за даними споживаної миттєвої активної потужності привідного електродвигуна шламового насоса для аналізу технічного й технологічного стану систем гідротранспорту в процесі експлуатації.

2. Запропоновано методику розроблення системи підтримки ухвалення рішень для керування гідротранспортом на гірничих підприємствах і розроблене програмне забезпечення впроваджено в дослідницькі програми Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України.

3. Сформовано методику розроблення системи підтримки ухвалення рішень для керування гідротранспортом на гірничих підприємствах, яку передано для використання в навчальних і дослідницьких програмах до Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна й Придніпровської державної академії будівництва та архітектури.

4. Рекомендації, які містять методи, запропоновані в даній роботі, є впровадженими на збагачувальній фабриці «Тандем Торг ТПК».

5. Повнота викладу основних результатів дисертаційної роботи в опублікованих роботах і їх апробація.

За темою дисертаційного дослідження опубліковано 24 наукових роботи, у тому числі: 11 статей у наукових фахових виданнях України (1 з яких у виданні, що входить до наукометричної бази SCOPUS, 2 – у виданнях іноземних держав), 3 тези доповідей та матеріалів конференцій. У дисертації висвітлено особистий внесок автора в роботах, опублікованих у співавторстві. Дисертаційна робота написана грамотно, характеризується цілісністю та логічністю викладання матеріалу. Термінологія дисертаційної роботи є загальновизнаною. Автореферат дисертації в повному обсязі

розкриває основні положення роботи, оформлений згідно вимог державних стандартів України.

6. Зауваження до дисертаційної роботи

1. Недостатньо чітко описано, що завдання вирішується щодо N-ної кількості трубопровідних ліній, з яких обрана одинична лінія, яка визначає за сукупністю параметри комплексу в цілому.
2. У дисертації не розглянуто поділ завдання дослідження на дві: задачу підтримки надійності та задачу по продуктивності.
3. В експериментальних дослідженнях, а так само в теоретичних моделях другого і третього розділів дисертації не розглянуті інші типи шламових насосів і геометрії трубопроводів.
4. У четвертому розділі слід було б приділити більше уваги особливостям запропонованих нейронних мереж.
5. В роботі недостатньо уваги приділено взаємодії розробленої системи підтримки прийняття рішень з оператором гідротранспортної системи.
6. В тексті дисертації та автореферату зустрічаються граматичні та стилістичні помилки, некоректності.

Однак, наведені зауваження мають окремий характер, не знижують високий науковий рівень дисертаційної роботи і не впливають на її загальну позитивну оцінку.

Загальний висновок по дисертаційній роботі

Дисертаційна робота Приходченка Сергія Дмитровича є завершеною науково-дослідницькою працею, в якій узагальнено виконані дослідження, отримані нові, науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують актуального науково-практичного завдання в галузі автоматизації процесів керування – визначення залежності амплітуди інфранизьких частот спектра миттєвої споживаної потужності електродвигуна шламового насоса від густини пульпи та рівня ансамблю середніх частот спектра потужності електродвигуна шламового насоса від положення заслінки; прийняття рішень

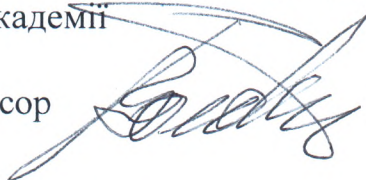
в умовах інформаційної невизначеності за допомогою ситуаційної моделі; використанні моделей, що враховують зношення устаткування задля здобуття еталонних спектрів і використання запропонованої самонавчальної нейроподібної системи для багатокритерійної ідентифікації станів і керування процесом внутрішньофабричного гідротранспортування, що дозволяє при роботі технологічного устаткування в передаварійних і аварійних режимах підвищити точність і достовірність ідентифікації стану системи гідротранспорту, а вказані за уваження не зменшують її високого наукового рівня.

Робота написана на достатньому науковому та професійному рівні. Наукова термінологія, що використовується, є загальновизнаною. Зміст автореферату повністю відповідає змісту дисертаційної роботи. Публікації здобувача повною мірою відображають результати досліджень.

Дисертаційна робота відповідає діючим в Україні вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 зі змінами, затвердженими Постановами Кабінету Міністрів України № 656 від 19 серпня 2015 р. та № 1159 від 30.12.2015 р., які висуваються до кандидатських дисертацій, а здобувач Приходченко Сергій Дмитрович заслуговує присудження наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування.

Офіційний опонент,
Завідувач кафедри автоматизації виробничих процесів
Національної металургійної академії
України (м. Дніпро),
доктор технічних наук, професор

Головко В.І.



Підпис проф. В.І. Головко засвідчую.
Начальник відділу кадрів
Національної металургійної академії
України (м. Дніпро),
« 23 » _____ 2019 р.

Шифрін В.С.



Відгук
26.04.2019

Учений секретар М.П. Тихачевський