

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Баглая Андрія Васильовича «Розвиток наукових основ, визначення технічного стану прокатного обладнання за допомогою стаціонарної системи вібраційного моніторингу» представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 – «Галузеве машинобудування»,
13 – «Механічна інженерія»

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Впроваджені на багатоклітьових прокатних станах системи діагности технічного стану вузлів обладнання сприяє підвищенню надійності та ефективності роботи станів у тому випадку, якщо в цих системах застосовуються сучасні методи і способи діагностування. У зв'язку з цим, розробка нових способів визначення стану обладнання, з урахуванням різноманіття режимів роботи і технології, відноситься до актуальних напрямів досліджень і розробок. Наприклад, широкосмуговий стан гарячого прокату, що складається з 10-12 клітей, працює в режимах холостого ходу (без навантаження), захоплення смуги валками, розгону, сталої прокатки, викиду смуги послідовно з валків кожної клітей. Згідно з літературних джерел кожен режим роботи, з урахуванням особливостей технології, має дуже високу інформативність. Тому роботи в частині розвитку наукових основ і нових способів визначення технічного стану обладнання з урахуванням особливостей, що зазначені вище, є украй необхідними, оскільки дозволяють істотно глибше проводити діагностику.

2. Оцінка ступеня обґрунтованості й достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій

В основі отриманих наукових і прикладних результатів роботи лежать базові залежності і аналітичні методи теоретичної механіки, теорії коливальних процесів. Обґрунтованість наукових положень дисертації забезпечується математичними моделями, які відповідають сучасним науковим уявленням теорії динаміки машин і статистики.

Достовірність наукових результатів підтверджується коректністю постановки завдань на базі загального аналізу вібродинамічних процесів в перехідних режимах роботи клітей багатоклітьових прокатних станів і результатами численних вимірів на діючому стані.

Тому вважаю, що сформульовані в роботі наукові положення, висновки і рекомендації є досить обґрунтованими і достовірними та такими, що відповідають сучасним уявленням про предмет дослідження.

3. Новизна наукових положень, результатів і рекомендацій

Наукова цінність результатів роботи полягає в тому, що шляхом виділення, систематизації та аналізу встановлена діагностична інформативність парціальних вібродинамічних систем в прокатних клітках і закономірна єдність перехідних процесів. Це дозволило вперше вивчити вібраційне поле в 7-9 точках корпусного обладнання та особливості зміни розмаху вібрацій і їх граничні значення.

Важливим науковим результатом є встановлення зв'язку часу запізнювання реакції ділянок лінії приводу від часу напрацювання шпинделів, визначення граничних значень цього часу, як діагностичної ознаки. Обґрунтована і розроблена методика виконання вимірів в двох режимах роботи стану, що дозволяють підвищити достовірність діагностування. Новий результат полягає в обґрунтуванні та застосуванні в діагностичних цілях швидкості поширення ударної крутильної хвилі уздовж лінії приводу і між клітками через смугу.

4. Практичне значення та наукова цінність отриманих результатів

Отримали розвиток наукові основи визначення технічного стану обладнання прокатних клітей, що полягає в аналізі з діагностичної точки зору різноманіття видів перехідних процесів в парціальних системах клітей (лінія приводу-кліть, крутильні удари-віброудари в корпусі шестерінчастої кліті й редуктора та ін.), у встановленні зв'язку рівня вібрації з технологічними параметрами у вигляді кореляційних полів та ін., що має перспективу подальшого використання при створенні нових систем діагностики прокатних станів іншої конструкції та технологій.

Розробка методики вибору періодів діагностичних вимірів, при яких досягається максимальна ефективність і достовірність визначення технічного стану обладнання.

Визначені межні значення часу запізнювання ділянок лінії приводу, досягши яких слід робити ремонтні дії.

Обґрунтований і розроблений ряд нових способів і методів визначення технічного стану обладнання на основі використання інформативних параметрів перехідних процесів при захопленні і викиді смуги валками.

Впроваджена на прокатному стані 1680 перша вітчизняна система вібраційної діагностики з урахуванням особливостей конструкції, режимів роботи, технології і попередження передаварійних ситуацій, що дозволило підвищити ефективність роботи стану.

5. Повнота відображення наукових положень в опублікованих роботах

Основний зміст дисертації в повній мірі викладено в 25 наукових працях, в

тому числі: 2 - опубліковані у виданнях, індексованих в міжнародних наукометричних базах Scopus і Web of Science Core Collection, 9 статей у виданнях, що входять до переліку наукових фахових видань України, затверджений Міністерством освіти і науки України, 12 - тез доповідей науково-технічних конференцій, 2 - наукові праці, що додатково відображають наукові результати дисертації.

6 Оцінка змісту дисертації

У вступі дана загальна характеристика роботи, обґрунтована актуальність теми дисертації, сформульовані мета і задачі дослідження, визначені об'єкт, предмет і методи досліджень, представлені наукова новизна і практичне значення отриманих результатів, особистий внесок здобувача в розробку і рішення проблемних задач, результати роботи та їх апробація, публікації, структура та обсяг дисертації.

В першому розділі аналізуються конструктивні та технологічні особливості безперервних широкосмугових станів, поломки обладнання. Показано, що в зубчастих передачах мають місце втомні поломки зубців, знос їх поверхні, підшипників редуктора та шестерінчастих клітей. Наводяться дані про високу вартість обладнання, статистика виходів з ладу механічного обладнання в станах 1680 і 1700.

За даними записів агрегатних журналів встановлений істотний знос вкладишів (8-10 мм) і зіву вилок шпинделів (5-8 мм), що призводить до кутових проміжків і як наслідок до великих ударних навантажень під час захоплення смуги валками.

У зв'язку з цим здобувачем розглянуто, в чому полягає проблема розробки системи діагностики для багатоклітьового стану. Відзначається, що вона полягає в необхідності періодичної зупинки стану для ремонту обладнання, у відсутності ясної технічної політики в частині діагностики, в необхідності знання поточного стану клітей, кожна з яких працює в своїх умовах навантажень, в раціональному розміщенні вібродатчиків з метою отримання сигналів найбільш пов'язаних з неполадками, в організації взаємодії систем діагностики з цеховими інформаційними системами, обробці сигналів, що поступають з 100-150 датчиків і отриманні нових знань з інформаційної множини.

Автором виконаний аналіз публікацій, в яких наданий опис систем, методів і способів вібраційного діагностування прокатних клітей. Відзначається, що усі системи розраховані на моніторинг і визначення технічного стану, коли агрегати працюють в стаціонарному режимі обертання. Справедливо вказується на той факт, що прокатні стани працюють в режимах захоплення та викиду смуги, розгону, гальмування та ін., коли особливо яскраво проявляється зв'язок вібродинамічних процесів із станом обладнання. Проте питання використання віброінформації в цих режимах тільки починають активно досліджуватися. Тому автором поставлені завдання по-

дальшого узагальнення та дослідження особливостей динаміки перехідних процесів, їх зв'язки із станом обладнання, обґрунтування й розробки нових методів і способів діагностування обладнання прокатних станів з урахуванням їх конструктивних і технологічних особливостей.

В другому розділі виконаний аналіз літературних даних по динаміці віброперехідних процесів в прокатних станах. Автор виділяє декілька парціальних систем, в яких формуються аналогічні або близькі процеси (лінія приводу-валки, подушки валків-стійки кліті, лінія приводу-редуктор та ін.).

Це дозволило авторові представити процеси з діагностичної точки зору та обґрунтувати вибір найбільш інформативних точок для вимірів. Далі автор шляхом аналізу періодів зносу бронзових вкладишів в шпинделях і зубчастих зачепленнях на ділянці редуктор-двигун обґрунтовує і пропонує періоди вимірів, коли інформативність вібропараметрів відповідає найкращому, найгіршому і проміжному стану обладнання.

В третьому розділі наведені дані дослідно-промислових досліджень у вигляді фактичних віброграм одночасно у восьми точках, що охоплюють корпус шестерінчастої кліті й редуктора. На яких відзначається процес вібрації в точках корпусу при захопленні (ударі) смуги валками, помітна віброреакція точок обладнання в даній кліті під час захоплення смуги валками наступної кліті.

Встановлений зв'язок рівня розмаху вібрації опорного валка і шестерінчастої кліті з технологією прокатування через жорсткість смуги в осередку деформації по клітках. Встановлений і обґрунтований кореляційний зв'язок у вигляді полів $\{A_{max}, M_{cm}\}$ максимального розмаху віброшвидкості шестерінчастої кліті та статичного навантаження (моменту) в лінії приводу. Що є важливою особливістю, оскільки це розкриває взаємозв'язок рівня вібрації з технологією через навантаження двигуна.

Автором для лінії приводу прокатної кліті за даними вимірів часу запізнювання визначена швидкість поширення ударного крутильного навантаження по ділянках від прокатної кліті до двигуна. Ця швидкість виявилася істотно меншою, ніж в суцільному круглому валу. У зв'язку з цим здобувач обґрунтовано запропонував фактичну швидкість для ділянок прийняти як додаткове до часу запізнювання діагностичної ознаки і для цієї мети врахувати особливості прокатування слябів одинарної та подвоєної довжини. Також пропонується використати відмічену швидкість при взаємодії клітей через прокатувану смугу, коли проміжки замкнуті під час прокатування смуги в попередній кліті, тоді як в подальшій кліті відбувається захоплення цієї смуги валками. Цікаві нові результати отримані при визначенні швидкості поширення ударної хвилі через гарячу смугу між клітьми.

В четвертому розділі викладені матеріали, що відносяться до розробки методів і способів діагностування обладнання клітей прокатних станів. Пропонується

логістичний підхід до діагностування за часом запізнювання. Автор відмічає, що час по ділянках може бути обумовлений як зносом і проміжками на шпindelній ділянці, так і проміжками в підшипникових опорах валків шестерінчастої кліті (чи редуктора). Тому додатково пропонується аналізувати час напрацювання бронзових вкладишів шпинделів, зубчастих зачеплень, дати попередніх ремонтних дій за записами в агрегатних журналах.

Обґрунтований і запропонований ряд способів діагностування в перехідних режимах: за часом запізнювання реакції ділянок; по вимірах динамічного моменту і часу запізнення в клітках з багатонитковим прокатуванням (використовуються особливості технології); за результатами вимірів під час викиду смуги з валків; пригальмовування швидкості обертання валків шляхом завдання торця смуги з перекосом або його вигину; діагностування при зміні швидкості валків шляхом попереднього виведення опорного валка з контакту з робочим валком.

Запропоновані способи мають логічне обґрунтування і можуть бути використані на широкосмугових і інших станах.

У розділі п'ять надається опис системи діагностики, її структура, характеристики та вирішувані нею завдання стосовно стану 1680 комбінату «Запоріжсталь». Вказані місця в клітках, де встановлені вібродатчики і датчики температури. Описані принципи обробки і представлення результатів вимірів, формування бази даних, сигналізації показників вібропараметрів.

Наведені практичні приклади діагностування вузлів агрегатів. Показана ефективність застосування стаціонарної системи діагностики на стані 1680, приведені дані про підтверджений економічний ефект.

В цілому за допомогою системи виявлялися деформація і відколи на тілах кочення, на зовнішньому кільці підшипника, поломки тіл кочення.

По композиційній побудові робота представляє цілісне дослідження, в якому вирішені питання діагностики на основі вивчення поломок обладнання, вібродіагностичних процесів в перехідних режимах, критичного аналізу відомих систем і способів визначення технічного стану вузлів, обґрунтовані і розроблені нові способи діагностування, практичні рекомендації, описане впровадження на вітчизняному стані працюючої системи моніторингу і діагностики.

7. Зауваження

1. У роботі наведена значна кількість фактичних віброграм. Доцільно було б вказати на них числові значення рівня вібрації, що підвищило б їх інформативність.
2. У другому розділі наведений аналіз літературних даних по вимірах вібродинамічних процесів, який логічно було б розмістити в першому розділі.
3. Перевищений обсяг оглядової частини роботи.

4. У третьому розділі не наведена методика визначення похибки вимірювання. При кореляції поля крапок $\{A_{\max}, M_{\text{ст}}\}$ не наведено відповідний коефіцієнт, який би вказував на адекватність отриманої залежності.

5. При встановленні взаємозалежності параметрів не вказана область визначення прийнятих факторів, в межах котрих функція буде адекватною.

6. З розділу п'ять не зрозуміло чи будуть зберігатися діапазони трендів вібрації при ушкодженні підшипників за умови переходу на підшипники інших виробників з кращою якістю виготовлення.

8. Висновок про відповідність дисертації встановленим вимогам.

Дисертаційна робота Баглая А. В. «Розвиток наукових основ визначення технічного стану прокатного обладнання за допомогою стаціонарної системи вібраційного моніторингу» є завершеною науково-дослідною роботою, у якій отримані нові науково обґрунтовані теоретичні й експериментальні результати, що у сукупності вирішують науково-технічну задачу розвитку наукових основ визначення технічного стану прокатного обладнання шляхом узагальнення вібродинамічних явищ під діагностичним кутом зору, аналізу відомих систем і способів, обґрунтування та розробки нових методів і способів діагностування обладнання, що є істотним для розвитку теорії, практики й експлуатації прокатних станів.

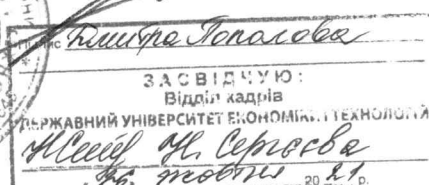
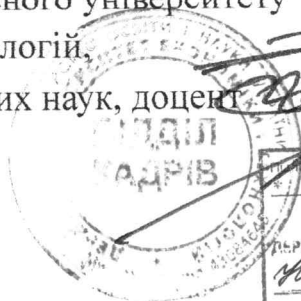
Дисертація оформлена відповідно до встановлених вимог, викладена технічно грамотною мовою. Тема, зміст і основні положення дисертації відповідають спеціальності 133 «Галузеве машинобудування».

Обґрунтованість теоретичних і практичних методів рішення поставлених завдань, наукова новизна і практична цінність результатів дають підстави для висновку, що дисертаційна робота Баглая А. В. відповідає вимогам п. 9, 10, 11 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 167 від 06.03.2019 «Про проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», а її автор Баглай Андрій Васильович заслуговує присвоєння йому наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування».

В.о. директора

Навчально-наукового технологічного
інституту Державного університету
економіки і технологій,

кандидат технічних наук, доцент



Дмитро ПОПОЛОВ