

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Власова Андрія Олександровича

«Вдосконалення механічної системи електродотримачів дугової сталеплавильної печі для зменшення вібрацій електродів»,
представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.08 – «Машини для металургійного виробництва»

Актуальність теми та відповідність спеціальності 05.05.08 – «Машини для металургійного виробництва».

Витрати, які пов'язані з руйнуванням графітованих електродів можна порівняти з заробітною платнею робітників в цьому виробництві. Це досить значні витрати і зменшення їх навіть на долі відсотка дають значний економічний ефект.

Як свідчать виконаний аналіз, руйнування електродів пов'язано з динамічними навантаженнями в нестационарних режимах роботи дугової сталеплавильної печі, таких як короткі замикання, жорсткий контакт з шихтою та ломом.

Дослідження електродинамічного зв'язку струмоподводів і електродів це складна наукова задача. В системі "електрод - електродотримач - стійка" виникають згинальні та крутильні коливання які приводять до просторового переміщення електродів. Електрод складається з кількох секцій, тому слабким місцем є ніпельні з'єднання цих секцій.

Зменшення навантаження на електрод за рахунок вдосконалення механічної системи електродотримачів та раціонального вибору їх параметрів неодмінно підвищить їх стійкість, та як слідство, зниження собівартості ливарної продукції.

Дисертаційна робота дає подальший розвиток теорії и практиці розрахунку електродотримачів потужних дугових сталеплавильних печей. Це значний вклад до розвитку машинобудування для металургійного виробництва. Перераховані міркування дають можливість зробити висновок, що робота актуальна.

Тема, зміст і основні положення дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.05.08 – «Машини для металургійного виробництва».

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій.

Отримані у дисертації результати характеризуються достатньо повною аргументацією наукових положень, використанням сучасних методів дослідження, що підтверджуються аналізом науково-технічної літератури. Цьому сприяло використання широкого методологічного інструментарію та науково-літературної бази. Здобувачем, як зазначається у рукописі дисертації використано 128 найменувань джерел з урахуванням 18 публікацій автора, у яких відображені різні аспекти проблематики наукової роботи. Теоретичні дослідження виконані при коректному застосуванні методів математичного моделювання, чисельних методів вирішення диференціальних рівнянь за допомогою математичних пакетів програмного забезпечення ПЕОМ.

Достовірність експериментальних даних забезпечуються використанням сучасних засобів реєстрації механічних коливань та електричних параметрів, методик досліджень та обробки результатів. Отримані результати, висновки і рекомендації базуються на фундаментальних положеннях теорії електричних апаратів, теоретичної механіки, теорій механізмів і машин та теорії коливань.

Новизна наукових положень, результатів і рекомендацій.

Робота беззаперечно містить нові наукові результати, які можливо сформулювати наступним чином:

1. Призначені граничні обмеження параметрів вібрації електродотримача з умов міцності графітованого електроду та його з'єднань з урахуванням зміни механічних характеристик їх матеріалів зі зростанням температури в режимі плавлення металу.

2. Теоретично обґрунтована можливість зменшення складових амплітуди коливань електродотримача у горизонтальній площині приблизно на 30...42% для конструкції балансірного електродотримача з рухомим кріпленням рукава до стійки на основі математичної моделі динамічної системи та аналітично визначеному співвідношенні жорсткості елементів гасителя коливань рукава та крутильної жорсткості стійки, яка пов'язана з робочою довжиною електроду.

3. Отримані аналітичні залежності для визначення раціонального значення координат розташування кінематичних пар рукава балансірного електродотримача та жорсткості пружного елемента гасителя коливань з урахуванням максимального електродинамічного навантаження у екстремальних режимах роботи - коротких замикань, конструктивних параметрів рукава електродотримача та діапазону значень крутильної жорсткості стійки.

Напрями використання одержаних наукових і прикладних результатів роботи.

Отриманий патент України на винахід №43610А «Пристрій для кріплення електродотримача дугової сталеплавильної печі».

Передані рекомендації та інженерну методику ТОВ «УкрНДІЕлектротерм» по конструюванню та вибору раціональних параметрів балансірного електродотримача, що підтверджується актом узгодження доцільності впровадження 05.10.2017 р.

Використанням результатів дисертації у навчальному процесі Запорізької державної інженерної академії на кафедрі «Металургійного обладнання» при викладанні дисциплін «Розрахунки металургійного обладнання», «Обладнання металургійних заводів». На основі наукових положень дисертації розроблений навчальний посібник «Конструкції та розрахунки електродотримачів трифазних дугових сталеплавильних печей», що підтверджується актом впровадження від 12.09.2018 р.

Повнота викладення в опублікованих роботах основних наукових і прикладних результатів дисертаційної роботи.

Основний зміст дисертації в потрібному обсязі опубліковано у 18 наукових працях, в тому числі 8 статей у наукових фахових виданнях, затверджених ДАК МОН України, 2 з яких опубліковані у виданнях, що індексуються у науково-метричній базі Index Copernicus, 1 патент України, 9 матеріалів праць і тез науково-технічних конференцій регіонального та міжнародного рівня. В працях, які опубліковано у співавторстві, коректно відображено особистий внесок дисертанта, а також забезпечені посилання на публікації інших авторів.

Загальна характеристика змісту дисертації.

Зміст дисертації побудовано по класичній схемі: огляд літературних джерел, постановка задач дослідження, ідеалізація об'єкта дослідження, розробка математичних моделей механічної системи балансірного електродотримача, дослідження на математичних моделях коливань з використанням чисельних методів і сучасних програмних технологій. Дисертація також має розділи, що відображують експериментальні дослідження на діючому металургійному обладнанні та масштабної фізичної моделі.

У розділі 1 виконаний огляд науково-технічних джерел, конструкторської документації та патентів за темою дисертаційної роботи. Проведений аналіз результатів теоретичних і експериментальних досліджень динамічних систем електродотримачів потужних дугової сталеплавильної печі і зіставлення амплітудно-частотних характеристик механічної системи електродотримача показав, що найбільший вплив на напружений стан електрода і його ніпельних з'єднань здійснюють низькочастотні коливання електродотримача в горизонтальній площині, які пов'язані з деформаціями крутіння рухомої стійки механізму переміщення електрода.

Здобувач обґрунтовано відзначає задачі підвищення вібростійкості електродотримачів і зменшення амплітуд коливань електрода в горизонтальній площині шляхом кріплення рукава електродотримача з двома кінематичними парами п'ятого класу (поступальної та обертальної), раціонального вибору геометричних, інерційних та пружних параметрів системи, пристроїв та характеристик демпфірування коливань та др.

У розділі 2 встановлено діапазон граничних прискорень та амплітуд вібропереміщень голівки електродотримача з умови міцності електрода на згинання при спільній дії рівномірно розподіленого електродинамічного навантаження та сили інерції з урахуванням зміни механічних характеристик матеріалу електрода при дії температури, **що вважаю важливим пунктом наукової новизни роботи.**

Здобувачем визначено, що на власну частоту згинальних коливань електрода впливають умови заземлення електрода в голівці електродотримача. Пропонується умови заземлення у голівці електродотримача визначати з урахуванням конструкції та геометричних розмірів з'єднання, зусилля затиснення електрода, зміни ваги електрода, температурного фактору.

Встановлено, що існуючі конструкції системи електродотримачів трифазних ДСП із жорстким кріпленням рукава електродотримача до його рухомої стійки мають низьку вібраційну стійкість, що може приводити до збільшення амплітуд змушених коливань та прискорень голівки електродотримача до значень граничних для міцності графітованого електрода

Автор цілком коректно отримав вищезгадані результати.

У розділі 3 на підставі основних конструктивних і пружно-масових характеристик вихідної конструкції електродотримача крайньої фази ДСП-50Н2 розроблена математична модель балансного електродотримача для дослідження коливань у горизонтальній площині. Для приведеної двомасової коливальної системи балансного електродотримача на підставі припущень коректно складені диференціальні рівняння руху за допомогою рівняння Лагранжа другого роду.

Здобувачем запропоновано, що за умови мінімізації коливань електрода в горизонтальній площині треба використовувати в конструкції балансного електродотримача гасник коливань з пружними елементами, жорсткість, яких має змінюватися пропорційно робочій довжині електрода.

У процесі аналітичного дослідження та моделювання змушених і вільних коливань у системі балансного електродотримача здобувач встановив, що сухе тертя в шарнірах рукава істотно (у 2,2...3,1 рази) впливає на час загасання коливань, та практично не впливає на максимальні амплітуди коливань.

Автором виконаний порівняльний аналіз змушених коливань в системі електродотримача ДСП-50Н2 вихідної конструкції с жорстким кріпленням рукава до стійки та балансного електродотримача при нестационарному електродинамічному навантаженні в режимах коротких замикань, а також вільних коливань після скидання навантаження. Встановлена можливість зниження максимальних амплітуд голівки балансного електродотримача у 1,43...1,71 рази в порівнянні з амплітудами коливань вихідної конструкції електродотримача і зміни характеру коливань при раціональних параметрах системи балансного електродотримача. Ці результати мають наукову новизну.

У розділі 4 наведена конструкція пристрою для кріплення рукава електродотримача з додатковою рухливістю та пружно-демпферними опорними вузлами, що дає можливість гасити коливання електродотримача у горизонтальній і вертикальних площинах. Це рішення захищено патентом України. Запропоновані дві конструкції гасника коливань.

Розроблена система балансного електродотримача з демпфером позиційного сухого тертя та створена її математична модель.

Здобувачем проведені експериментальні дослідження на фізичній моделі балансного електродотримача. Отримані осцилограми коливань електродотримача, які дозволили встановити раціональні кути клинового механізму демпфера.

Фізична та її математична модель балансного електродотримача є базою для отримання нових наукових та практичних результатів.

У розділі 5 розглянути експериментальні дослідження в умовах ПрАТ «Електрометалургійний завод «Дніпроспецсталь» ім. А.М. Кузьміна» на дуговій сталеплавильній печі ДСП-50Н2. Автором використаний непрямий метод вимірювання переміщення рукава електродотримача за допомогою тензометричних датчиків, що були встановлені на рухомій стійки механізму переміщення електроду та відповідної реєструючої апаратури. Такий спосіб загально відомий тому результати вимірювання треба вважати достовірними.

В ході досліджень були зареєстровані струм, кінематичні і силові характеристики гідравлічного приводу механізму переміщення електрода, коливань електродотримача в горизонтальній площині.

Аналіз результатів експерименту дав можливість встановити діючі значення струму в штатному режимі та екстремальних режимах: короткого замикання та автоколивань, коефіцієнтів не пружного опору в механічній коливальній системі «стійка - електродотримач». Здобувач кваліфіковано використовував здобуті данні для порівняння результатів аналітичних досліджень на математичних моделях.

Зауваження до автореферату та дисертації:

1. На стор.13 автореферату не обґрунтовано значення коефіцієнтів в'язкості (по Пановко Я.Г.) коливальної системи балансірного електродотримача, які чомусь називаються «коефіцієнтами не пружного опору».

2. На стор.60 технічна помилка: замість «метод кінцевих елементів» надруковано «метод скінченних елементів».

3. З графіку переміщень (рис.3.18, а) не зрозуміло, чому автор призначив суттєво різні (у 10^4 рази) ціни ділень по осях.

4. На стор.95. поставлена задача розробки динамічної та математичної моделі для дослідження коливань електродотримача у горизонтальній площині, а на стор.97. розглядається розрахункова схема динамічної системи. У чому різниця між динамічною моделлю та розрахунковою схемою динамічної системи?

5. На стор.115 наведений діапазон логарифмічного декременту загасання коливань у крутильній системі, якій складав $\delta = 0,336...0,741$. Чому в подальших розрахунках прийнято максимальне значення логарифмічного декременту ($\delta = 0,741$)?

6. В розділі 3 у процесі ідеалізації розрахункової схеми електродотримача не враховано пружність електроду як ланки з розподіленою масою. Врахування цієї особливості в досліджуваних системах у майбутньому може дозволити уточнити математичну модель.

7. На жаль в результатах (п.4.2.4) лабораторних досліджень на фізичній моделі балансірного електродотримача не має частотного аналізу коливань виконаного за допомогою методу швидкого перетворення Фур'є (FFT), що дало б можливість оцінити нелінійні перетворення у коливальній системі.

8. Відсутні публікації, які індексовані в науково - метричних базах Scopus або Web of Science.

Наведені зауваження не є принциповими і не впливають на загальну позитивну оцінку роботи та можуть бути враховані в подальших дослідженнях.

Висновок про відповідність дисертації встановленим вимогам МОН України

Дисертаційна робота А.О. Власова на тему «Вдосконалення механічної системи електродотримачів дугової сталеплавильної печі для зменшення вібрацій електродів» є завершеною науково-дослідною роботою, яка має наукову новизну та практичні результати, що вирішують науково-технічну задачу зменшення вібрацій електродів за рахунок вдосконалення механічної системи електродотримачів дугової сталеплавильної печі шляхом застосування нової конструкції балансірного електродотримача з шарнірним кріпленням рукава до рухомої стійки та обґрунтування раціональних геометричних і динамічних параметрів системи на підставі встановлених закономірностей коливань електрода в горизонтальній площині в системі балансірного електродотримача при дії нестационарного електродинамічного збурення.

Дисертація оформлена відповідно вимогам ДАК МОН України, викладена технічно грамотною мовою. Автореферат дисертації відображає зміст дисертації, отримані наукові результати і висновки.

Вважаю, що рецензована дисертаційна робота за своєю вагомістю, новизною, обґрунтованістю теоретичних і практичних результатів, кількістю публікацій відповідає вимогам ДАК МОН України, що пред'являються до кандидатських дисертацій (п.п. 9, 11, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 р.), а її автор **Власов Андрій Олександрович** заслуговує присвоєння йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.08 – «Машини для металургійного виробництва».

Офіційний опонент:

доцент кафедри прикладної механіки та матеріалознавства,
Дніпровський національний університет залізничного
транспорту ім. академіка В. Лазаряна
Міністерства освіти і науки України,
кандидат технічних наук

П.Г. Анофрієв

Підпис Анофрієва П.Г. засвідчую.

Завідувач відділом кадрів
Дніпровського національного університету
залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна



В.М.Баркалов