

Григорій Андрійович
02.12.2001

Голова спеціалізованої вченої
ради ДФ 64.059.003

Михайло Григорійович

Голові спеціалізованої вченої ради
ДФ 64.059.003

Харківського національного

автомобільно-дорожнього університету

вул. Ярослава мудрого, 25, м. Харків, 61002

ВІДГУК

офіційного опонента, лауреата Державної премії України в галузі науки і техніки,
провідного наукового співробітника Науково-дослідного та проектно-
конструкторського інституту «Молнія» Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»,
кандидата технічних наук Князева Володимира Володимировича
на дисертаційну роботу **Стрельнікової Вікторії Анатоліївни**
«Підвищення ефективності електромагнітних технологій ремонту автомобільного
транспорту», що подана на здобуття ступеня доктора філософії
з галузі знань 27 – Транспорт за спеціальністю 274 – Автомобільний транспорт

Актуальність обраної теми дисертаційного дослідження.

Методи локалізованого притягання заданих ділянок листових металів із використанням енергії магнітних полів актуальні для різного роду технологій обробки у багатьох галузях промислового виробництва. Актуальність теми дисертаційної роботи підтверджена тим фактом, що вона пов'язана з виконанням науково дослідної роботи, що фінансувалась з Державного бюджету України, за темою: «Універсальні інструменти безальтернативних електромагнітних технологій ремонту сталевих та алюмінієвих елементів конструкцій автотранспорту (індукторні

системи з екраном, що притягає)» (номер державної реєстрації № 0117U002402, 2017-2018 рр.)

Ступінь новизни, обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

У дисертаційній роботі Стрельнікової В.А. отримано наступні нові наукові результати:

1) **Вперше** запропоновано використання феромагнітних сердечників в інструментах індукційного нагріву для ремонту автомобільного транспорту, що призводить до підвищення амплітуд збуджуваних полів, зростання інтенсивності теплових процесів та скорочення часу нагріву об'єктів обробки.

2) **Вперше** запропоновано використання магнітно-імпульсного притягання із «прямим пропусканням струму» через об'єкт обробки для видалення вм'ятин замість механічних аналогів із важільною системою витягання пошкоджених ділянок листових металів, що дозволило істотно спростити технологію ремонту, зменшити час і собівартість його виконання.

3) **Отримала подальший розвиток** теорія електромагнітних і теплових процесів у масивних та тонкостінних листових металах за наявності феромагнітного сердечника у конструкції інструментів індукційного нагріву, що забезпечує можливість виконання чисельних оцінок, необхідних для проектування реально дієвих інструментів ремонту.

4) **Отримали подальший розвиток** аналітичні підходи до теоретичних моделей електромагнітних процесів у робочих зонах інструментів з «прямим пропусканням струму», що забезпечує можливість виконання чисельних оцінок, необхідних для проектування реально дієвих інструментів рихтування автомобільних кузовів.

5) Розроблені математичні моделі процесів успішно **пройшли апробацію** на експериментальних моделях розроблених зразків інструментів електромагнітних технологій ремонту автомобільного транспорту, як індукційного нагріву, так і притягання тонкостінних металів за «прямого пропускання струму», що обґрунтовує доцільність використання отриманих у дисертації результатів при створенні конструкцій інструментів для виконання реальних ремонтних операцій.

Достовірність результатів досліджень.

Достовірність результатів дисертаційного дослідження забезпечується коректністю та строгістю математичних постановок задач у рамках класичної електродинаміки; застосуванням відомих числових методів розв'язання поставлених задач; застосуванням апробованого на міжнародному рівні модулю Maxwell3D студентської версії ANSYS Electronic Desktop; узгодженістю та збігом одержаних розв'язків із наведеними у літературі результатами, які були отримані альтернативними методами; відповідністю результатів і висновків фізичній суті завдань, підтверджені проведенням фізичного моделювання процесів.

Оцінка змісту дисертаційної роботи.

Структура і склад дисертаційної роботи. Дисертація складається із переліку умовних скорочень, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та трьох додатків. Загальний обсяг роботи складає 206 сторінок з них 151 сторінка основного тексту, 80 рисунків, 2 таблиці, список використаних джерел зі 121 найменувань.

Вступ присвячений актуальності теми, визначається мета, завдання для її досягнення, об'єкт та предмет, методи дослідження. Представляється наукова новизна отриманих результатів, особистий внесок автора, практичне значення роботи, апробація і кількість публікацій за темою дослідження.

Перший розділ присвячений огляду літературних джерел щодо обраного напрямку роботи – використання електромагнітних технологій для ремонту автомобільного транспорту та виявленню шляхів вдосконалення їх інструментів.

Другий розділ присвячений можливості підвищення ефективності інструментів індукційного нагріву для ремонту автомобільного транспорту за рахунок додаткового конструкційного елементу – феромагнітного сердечника, що призводить до інтенсифікації індукційних процесів та підвищенні швидкості нагріву. Розглянуті можливості нагріву масивних та тонкостінних металів за огляду на їх електрофізичні властивості. За результатами математичного моделювання вказане (сторінка 108), що основний ріст інтенсивності процесу збудження вихрових струмів спостерігається при рівнях намагніченості до $\mu_{r2} < 1000$, подальший ріст магнітної проникності сердечника індуктора не впливає на величини індукованих струмів. Вважаю, цей висновок практичне значимим.

Третій розділ присвячений теоретичному обґрунтуванню функціонування індукторних систем магнітно-імпульсного притягання тонкостінних металів за допомогою «прямого пропускання струму» через об'єкт обробки. Наведено приклади можливих експериментальних конструкцій інструментів.

Четвертий розділ є узагальненим описом всіх проведених експериментів за тематикою дослідження. Представлені результати чисельного моделювання індукційного нагріву для зразків індукторів без сердечників та з феритовими сердечниками.

Загалом, експерименти описані у даному розділі об'єднують дослідження і розробки різних видів обладнання, що призначене для різних промислових технологій, зокрема ремонту елементних складових транспортних засобів.

Перша частина розділу присвячена експериментальним дослідженням електромагнітних і температурних процесів під час індукційного нагріву листових металів за допомогою розроблених модельних конструкцій інструментів із

феромагнітними сердечниками. Друга частина містить опис експериментальних моделей інструментів магнітно-імпульсного притягання за «прямого пропускання струму» через задану ділянку зразка із листової сталі кузовних панелей легкових автомобілів.

У **висновках** представлені основні результати дослідження. Загалом, положення та висновки автора після опрацювання значної кількості теоретичного матеріалів і проведення практичної апробації є достовірними та обґрунтованими.

У **додатках** автор наводить повний перелік наукових публікацій, в яких викладений зміст роботи; акти впровадження результатів дисертаційної роботи; результати чисельного моделювання методом скінченних елементів.

Повнота викладу в наукових публікаціях, зарахованих на тему дисертації.

Наукові положення дисертації опубліковано в 20 працях, серед яких 12 статей у наукових фахових виданнях України (з них 4 статті включені до міжнародної наукометричної бази даних Web of Science), 1 стаття у періодичному науковому виданні держави-члена Європейського Союзу, 2 патенти на корисну модель та 4 статті, що опубліковані у матеріалах конференцій.

У цілому, рівень і кількість публікацій, а також апробації матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам МОН України до дисертаційних робіт пошукувачів на здобуття ступеня доктора філософії.

Виконання положень академічної доброчесності.

Наведені в дисертації результати є новими, робота не містить запозичень наукових результатів інших авторів без відповідних посилань на їх дослідження, що відповідає вимогам академічної доброчесності.

Недоліки та зауваження.

1. Перший розділ.

– У цьому розділу та далі у розділі 3 розглядається спосіб «прямого пропускання струму» через оброблюваний метал. Але не вказані рекомендації щодо практичної реалізації способу без пошкодження покриття автомобіля та як локалізувати шляхи розтікання струму.

– На сторінці 37 вказане: «Частоти, що використовуються при індукційному нагріві металів, варіюються в діапазоні від 0,5 до 10^7 Гц.» Далі за текстом дисертації частота 0,5 Гц не згадується. Можливе, мова йде по частоту 50 Гц.

2. Другий розділ.

– У підрозділі 2.1 розглядається в якості об'єкта нагріву масивний провідник як напівпростір $z \in (-\infty, 0]$, провідне магнітне середовище – метал з питомою електропровідністю $\gamma_1 \neq 0$ і відносною магнітної проникністю $\mu_{r1} > 1$. Тут та далі при постановці математичних моделей не вказане про припущення що значення магнітної проникності є константою, тобто не залежить від частоти магнітного поля, його напруженості та температури провідника. Доцільно було оцінити ступень впливу вказаних факторів на результати.

– Розділ перевантажено формулами в частині зображень перетворення Лапласа, які безпосередньо не мають суттєвого значення для цілей дослідження.

– Формулювання задачі у підрозділі 2.2.1 часткове дублює підрозділ 2.1.2, наприклад, формули 2.31-2.33 аналогічні формулам 2.1-2.3.

3. Третій розділ.

– Розділ перевантажено формулами в частини зображень перетворення Лапласа, які безпосередньо не мають суттєвого значення для цілей дослідження.

– На сторінках 116 та 118 збій у шрифті зображення формул.

– Результати чисельної оцінки щодо експериментальних моделей представлені у вигляді значної кількості графіків, які фрагментарно підтверджують

узагальнення результатів розрахунків струмів та сил в системі магнітно-імпульсного притягання за «прямого пропускання струму» через оброблюваний метал (сторінки 137, 138). На практиці бажане мати узагальнені інженерні формули, або номограми, які визначаються за рахунок застосування математичного багатofакторного експерименту.

4. Четвертий розділ.

– У підрозділі 4.1.1 наведено перелік вимірювальної апаратури, яку було застосоване у дослідженнях. Відсутня інформація щодо калібрування цієї апаратури у встановленому в Україні порядку.

– На рисунку 4.11-б зображена несиметрична крива. Можливе, що це внаслідок обмеження розрахункової потужності комп'ютера, про також свідчать зображення у додатку В. Інформацію про параметри застосованого комп'ютеру не наведене.

– У підрозділі 4.1.5 наведене узагальнення отриманих результатів, з яких видно рівень розбіжності між розрахунками та експериментом. Можливе, ці розбіжності пов'язані з застосованим датчиком, параметри якого змінюються за присутності індуктору та заготовки. Оцінку такого впливу не наведене.

Відмічені зауваження не знижують наукового рівня та практичної цінності представленої дисертаційної роботи та не впливають на її загальну позитивну оцінку.

Висновок. Вважаю, що за актуальністю обраної теми, обсягом і рівнем виконаних теоретичних та експериментальних досліджень, обґрунтованістю висновків і їх достовірністю, науковою новизною дослідження та значенням отриманих результатів для науки і техніки дисертаційна робота задовольняє вимогам «Тимчасового порядку присудження ступеня доктора філософії» затвердженого

Постановою Кабінету Міністрів України № 167 від 6 березня 2019 р. та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.07.2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій», а її автор, Стрельнікова Вікторія Анатоліївна, заслуговує присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 27 – Транспорт за спеціальністю 274 – Автомобільний транспорт.

Офіційний опонент:

провідний науковий співробітник

Науково-дослідного та проектно-конструкторського

Інституту «Молнія»

Національного технічного університету

«Харківський політехнічний інститут»,

кандидат технічних наук,

старший науковий співробітник

