

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Єрціяна Багіша Хачиковича

«Синтез комбінованої системи нахилу кузова швидкісного електрорухомого складу»,

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.22.09 - електротранспорт

Актуальність теми.

Розвиток залізничного транспорту у всьому світі і в Україні, зокрема, спрямований на збільшення швидкості безпечного перевезення вантажів та пасажирів залізничними коліями. Зважаючи на відносно складний план і профіль вітчизняних залізничних колій, одним із перспективних шляхів зменшення витрат часу на рух поїздів є збільшення їх швидкості в кривих. Одним із методів збільшення швидкості проходження кривих є нахил кузова відносно візка рухомого вагона. В більшості країн з розвиненим залізничним транспортом інженери-проектувальники працюють над розробкою нових і вдосконаленням існуючих систем нахилу кузова вагона.

Основні типи вищезазначених систем взаємодії кузова та візка працюють на основі електромагнітних сил – електромеханічні, сили тиску стисненого повітря і рідини – пневматичні, та, відповідно, гідравлічні. Як відомо, кожна з цих систем окремо має свої переваги та недоліки. Поєднання переваг та особливостей роботи кожного з типів приводів дозволить реалізувати необхідні силу, швидкість та переміщення з дотриманням певних масо-габаритних параметрів вже комбінованого приводу. Тому, дисертаційна робота Єрціяна Багіша Хачиковича «Синтез комбінованої системи нахилу кузова швидкісного електрорухомого складу» беззаперечно є актуальною.

Актуальність теми дисертаційної роботи Єрціяна Багіша Хачиковича підтверджується зацікавленістю таких провідних науково-дослідних і проектувальних організацій в Україні, як Державні підприємства

«Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України» та «Проектно-вишукувальний інститут залізничного транспорту України Укрзалізничпроект». Окрім того, результатами дисертаційної роботи зацікавлена «Служба локомотивного господарства» регіональної філії «Південна залізниця» ПАТ «Укрзалізниця».

Актуальність теми роботи підтверджується так само й тим, що вона пов'язана з виконанням держбюджетних науково-дослідних робіт «Розробка наукових основ створення електромеханічного приводу для механізму нахилу вагонів швидкісного залізничного транспорту України» (державний реєстраційний номер 0109U002392) і «Розробка практичних положень створення приміських швидкісних поїздів з нахилом кузовів з накопичувачем енергії» (державний реєстраційний номер 0113U000432), в яких здобувач був виконавцем окремих етапів.

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

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі Єрціяна Б. Х. є високою, і базується на критичному аналізі науково-технічних джерел за даною проблемою, гармонійній постановці мети і задач дослідження, використанні сучасних методів дослідження, великій кількості числових експериментів, що проведені за допомогою математичних та імітаційних моделей, механічних та електромеханічних явищ предмету дослідження, порівнянні і критичному аналізі отриманих результатів та якісному формулюванні отриманих висновків.

Теоретичні дослідження виконано з використанням сучасного математичного апарату та імітаційного моделювання. Достовірність результатів дисертаційного дослідження забезпечена коректністю припущень при формуванні оптимізаційних задач та математичних моделей, відповідністю змісту математичних конструкцій фізичній суті процесів в

системі нахилу кузова з електромеханічним та пневматичним приводами та застосуванням стандартних процедур чисельних методів й імітаційного моделювання.

Достовірність отриманих значень електромагнітних сил, що реалізує лінійний двигун, визначена шляхом розрахунку спрощеної математичної моделі, з точністю до 6,1 %, відповідає розрахунку магнітного поля лінійного двигуна методом кінцевих елементів.

Достовірність результатів досліджень.

Достовірність результатів дисертаційного дослідження забезпечується коректністю постановок математичних задач, коректним застосуванням стандартних процедур імітаційного моделювання досліджуваної динамічної системи, поліміального аналізу й чисельних методів, генетичних алгоритмів Нелдера-Міда, методу ділення відрізків для рішення задач оптимізації кута нахилу кузова.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

- вперше розроблено загальну теорію розрахунку оптимального значення кута нахилу кузова вагона швидкісного електропоїзд під час руху в кривих на ділянках колії 1520 мм. Розглядувана теорія відрізняється від інших врахуванням цілої низки фізичних та геометричних параметрів, які є аргументами цільової функції швидкості проходження кривої, а саме: геометричні параметри верхньої будови колії, різниця навантаження на рейки, стійкість та вписування рухомої одиниці в криву, і, безпосередньо, кут нахилу кузова.

- отримала подальший розвиток теорія проектування швидкісних вагонів з врахуванням оптимального кута нахилу кузова відносно візка, який досягає значення $7,2^\circ$, завдяки чому швидкість проходження кривих ділянок шляху збільшується на 17-18% відносно існуючих швидкостей.

- вперше вирішена задача оптимального проектування лінійного двигуна системи нахилу поїздів, в якості параметрів оптимізації обрано геометричні розміри останнього, а цільовою функцією є залежність різниці енергії, що може перетворити двигун, та енергії, яка потрібна для руху механізму;

- вперше шляхом оптимального проектування визначені геометричні параметри лінійного двигуна, що забезпечує нахил кузова до 7° , встановлено, що при зменшенні граничного кута зменшуються розміри активної частини лінійного двигуна, це дало змогу запропонувати вдосконалення електромеханічних приводів нахилу кузова за рахунок впровадження комбінованого приводу;

- вперше розроблена узагальнена математична модель роботи комбінованої системи нахилу кузовів, дана модель відрізняється від існуючих врахуванням механічної, електромеханічної та пневматичної дії механізму, яка дозволяє встановлювати зв'язки геометричних, силових і електрофізичних параметрів з величинами, що характеризують ефективність роботи системи нахилу кузова;

- вперше розроблена імітаційна модель динамічних процесів електромеханічного перетворення енергії, яка дозволяє визначити залежність зміни електричних та механічних величин системи нахилу кузова, а також енергетичних параметрів механізму. Результати моделювання дають можливість визначати елементну базу електромеханічного та пневматичного приводів;

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.

Розроблені здобувачем математичні співвідношення, імітаційні моделі та отримані закономірності дають можливість рекомендувати встановлення оптимальних кутів нахилу кузовів вагонів швидкісного залізничного транспорту під час проходження кривих перспективних швидкісних ділянок

залізничної колії.

Значимою для практичного використання є пропозиція застосування комбінованої системи нахилу кузова, що складається з електромеханічної та пневматичної частин. Таке поєднання дозволяє збільшити швидкість реакції нахилу кузова за рахунок використання електромеханічного приводу. Зона дії електромеханічного приводу складає до 5° , подальший нахил здійснюється у поєднанні з пневматичним приводом.

Застосування сучасних математичних методів оптимізації, у поєднанні з генетичним алгоритмом є теоретичною основою проектування високоефективних лінійних двигунів з оптимізованими геометричними параметрами, щодо енергії яка потрібна для нахилу кузова.

Показники динамічної системи, що є результатом математичного моделювання, дозволяють надати практичні рекомендації щодо вибору елементної бази електромеханічного та пневматичного приводів комбінованої системи нахилу кузова швидкісного електропоїзда. Також можливо встановити енергетичні показники роботи такої системи, а саме витрати електроенергії та об'єму повітря за цикл її роботи.

Практична цінність підтверджена актами про впровадження результатів дисертаційної роботи Харківської філії ДП «Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України, Харківським відділенням ДП «Проектно-вишукувальний інститут залізничного транспорту України Укрзалізничпроект», та «Служби локомотивного господарства» регіональної філії «Південна залізниця» ПАТ «Укрзалізниця» і в навчальному процесі кафедри електричний транспорт та тепловозобудування НТУ «ХП».

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Основні положення та результати дисертаційної роботи достатньо повно опубліковані в 22 наукових працях, у тому числі 12 публікацій у наукових фахових виданнях України, 4 – у виданнях, які входять до науко

метричних баз, 1 – у науко метричну базу SCOPUS, 10 – у матеріалах наукових конференцій. У цілому, рівень і кількість публікацій та апробації матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам МОН України.

Оцінка змісту дисертаційної роботи:

Дисертаційна робота Єрціяна Багіша Хачиковича «Синтез комбінованої системи нахилу кузова швидкісного електрорухомого складу» складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, 4 додатків.

У **вступі** обгрунтовано актуальність теми дисертації, зв'язок з науковими програмами і планами, мета та задачі досліджень, наукова новизна та практичне значення отриманих результатів, особистий внесок автора, апробація результатів дисертації, публікації, структура і обсяг дисертації

У **першому розділі** виконано аналіз існуючих систем нахилу поїздів, їх переваги та недоліки і основні напрямки розробки нових перспективних систем, що будуть задовольняти основні вимоги високошвидкісного залізничного транспорту. Встановлено, що одним з найбільш перспективних є система нахилу кузова основана на електромеханічній дії лінійного електричного двигуна. Проте попередньо встановлено, що у випадку реалізації нахилу кузова на кут більший за 5° масо-габаритні розміри лінійного двигуна досягають таких значень, що його важко вписати в, і без того обмежений, простір візка вагона електропоїзда. Враховуючи вищезазначене автор дисертації поставив перед собою задачу розробити комбіновану систему нахилу кузова відносно візка, яка за своєю швидкодією відповідала б електромеханічній системі і реалізовувала кут нахилу вище 5° . Для розв'язання цієї задачі було запропоновано застосувати у поєднанні з електромеханічною системою пневматичну систему ресорного підвішування кузова для досягнення більших кутів.

Другий розділ присвячений визначенню оптимального значення кута

нахилу кузова під час руху в кривих високошвидкісних електропоїздів по залізничній колії 1520 мм. Цільовою функцією задачі оптимізації є досягнення максимальної швидкості безпечного проходження кривих електропоїздом в залежності від кута нахилу кузова візка. Оптимізаційна задача враховує особливості верхньої та нижньої будови колії залізниць України. Розв'язавши, поставлену в даному розділі, задачу для перспективних швидкісних ділянок вітчизняних залізниць, було встановлено, що на більшості кривих кут нахилу кузова складає 3° , на деяких окремих кривих кут нахилу може досягти 7° . Можна зазначити, що автором вже у другому розділі була виконана економічна оцінка, а саме визначено, що швидкість проходження кривих ділянок колії збільшується на 17-18% відносно існуючих швидкостей.

У **третьому розділі** було розв'язано задачу оптимізації геометричних розмірів лінійного двигуна, за умови забезпечення ним функції приводу механізму нахилу в усьому робочому діапазоні. Тобто, при заданих мінімальних геометричних параметрах лінійний двигун повинен реалізовувати силу нахилу кузова, яка перевищить силу опору, обумовлену відцентровою та гравітаційною дією. Для її розв'язання автором було введено поняття навантажувальної характеристики, силу опору якої було апроксимовано за результатами математичного моделювання. Результати даної задачі оптимізації показали, що при зменшенні кута нахилу кузова з 7° до 5° , який реалізує лінійний двигун, масо-габаритні розміри його активної частини знижуються на 35%. Тому було прийнято остаточне рішення, за для зменшення розмірів лінійного двигуна і реалізації кута нахилу в 7° , поєднати електромеханічну систему, яка буде реалізовувати кути до 5° з пневматичною. Остання, у випадку необхідності нахилити кузов на кут більший за 5° , повинна збільшувати нахил кузова за рахунок дії тиску пневматичної системи. У якості пневматичної системи автор пропонує використовувати, з певними доопрацюваннями, вже встановлене на існуючих вагонах пневматичне підвішування візка до кузова вагона.

У четвертому розділі автор подає, розроблену ним математичну модель динамічних процесів, що відбуваються у комбінованій системі нахилу кузова швидкісного електрорухомого складу.

Математична модель цікава поєднанням трьох підсистем, механічної частини системи нахилу кузова, електромеханічної дії лінійного двигуна, та дії тиску пневматичної системи ресорного підвішування вагона високошвидкісного електропоїзда. Особливістю є те, що механічна та пневматична підсистеми є досить повільними відносно електромеханічної.

У п'ятому розділі була розроблена імітаційна модель на основі системи диференціальних рівнянь, представлених автором в розділі 4. Дана імітаційна модель дозволила провести дослідження робочих властивостей комбінованої системи нахилу кузова. Розглядувана модель, як і модель в розділі 4, дозволяє визначати значення електричних величин в електромеханічній підсистемі, а також механічних величин, а саме: переміщення якоря лінійного двигуна, хід пневморесори, зміна тиску в пневматичній системі та інше. Не оминула дана модель і важливі енергетичні параметри: витрати енергії та повітря на реалізацію сили нахилу кузова вагона. Згадані вище електричні і механічні величини є функціями кута нахилу кузова в усьому діапазоні роботи розглядуваної комбінованої системи. Імітаційна модель складається з таких основних блоків: приводу нахилу кузова, перетворювача і модулів керування та контролю. Результати моделювання для найбільш напруженого режиму роботи комбінованої системи (при куті нахилу кузова до $7,1^\circ$) представлені у вигляді часових залежностей таких функцій: кута нахилу візка $\theta(t)$, швидкості нахилу візка $V_\theta(t)$, робочого зазору лінійного двигуна $N(t)$, витрати повітря $G_{\text{п}}(t)$, залежність тиску у пневморесорах $P_1(t)$, $P_2(t)$, струм $I(t)$, напруга $U(t)$ і витрати енергії $P(t)$ лінійного двигуна, тощо.

Висновки до розділів та за результатами роботи сформульовані достатньо чітко і виразно та відповідають змісту дисертаційної роботи.

Список використаних джерел складається зі 139 найменувань і

охоплює сучасні вітчизняні та закордонні публікації.

В додатках представлені акти впровадження результатів дисертаційної роботи Єрціяна Багіша Хачиковича, зацікавленими організаціями.

Автореферату відображає основний зміст дисертації та достатньо повно розкриває внесок здобувача в наукові результати та практичну цінність роботи.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. В пункті 2.2 при визначенні швидкості руху по непогашеному боковому прискоренню для забезпечення в швидкісних поїздах необхідного комфорту пасажирів автором не розглядалася вимога щодо обмеження приросту поперечних прискорень в одиницю часу.

2. У пункті 2.4, при визначенні обмеження кута нахилу кузова за умови стійкості екіпажу при русі в кривій, переміщення центру ваги екіпажу за рахунок нерівномірного стиснення ресор Δ дорівнює нулю. Наскільки коректно таке припущення?

3. Автором в пункті 2.7 пропонується часткова модернізація колії, хоча загальна концепція роботи цього не передбачає. Не зовсім зрозуміло, з чим це пов'язано?

4. У пункті 3.1 дисертації наведено вираз апроксимованої навантажувальної характеристики механізму нахилу (3.10). Але не зрозуміло, згідно рисунку 3.1, як впливають на навантажувальну характеристику (3.1) параметри механізму нахилу кузова.

5. У пункті 3.3 дисертації на рисунку 3.6 показано кут α , який визначає площу перетину робочого зазору. Не зрозуміло, чому автором його не внесено до параметрів оптимізації?

6. В розділі 2 в пункті 2.2 кут нахилу кузова позначається θ , а у розділі 4 у виразах (4.4) і на рисунку 4.1 позначений як θ_v .

7. Бажано, щоб результати, отримані імітаційним моделюванням в

розділі 5, були підтверджені фізичними моделями.

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Єрціяна Багіша Хачиковича «Синтез комбінованої системи нахилу кузова швидкісного електрорухомого складу», за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.22.09 – електротранспорт. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв’язує важливу наукову задачу, суть якої полягає в синтезі комбінованої електромеханічної та пневматичної системи нахилу кузова швидкісного електрорухомого складу залізниць України. Дисертаційна робота відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12 “Порядку присудження наукових ступенів”, щодо кандидатських дисертацій, а здобувач Єрціян Багіш Хачикович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.09 – електротранспорт.

Офіційний опонент

професор кафедри «Електротехніка та електромеханіка» Дніпропетровського

національного технічного університету

залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна,

доктор технічних наук, доцент

10.08.2016



Особистий підпис Михаліченко П.Є.
засвідчую
Нач. загального відділу Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна
10 08 2016 р.