

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу Бадейнова Олександра Михайловича на тему «**Динаміка навантажень та покращення пружно-демпфуючих характеристик тягово-зчіпних пристроїв триланкового автопоїзда**», представлену на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 “Галузеве машинобудування” (13 “Механічна інженерія”)

**Актуальність теми дисертаційної роботи.** В світі в цілому і в Європі зокрема спостерігається збільшення обсягів перевезень, значна частина яких припадає на автомобільні. Збільшити обсяги перевезень при сталих затратах і збереженні екологічності можна, використавши багатоланкові автопоїзди. Але великого досвіду і систематизованих напрацювань в цьому напрямку немає. Це стосується як автопоїздів в цілому так і їх складових елементів конструкції (наприклад, тягово-зчіпні пристрої (ТЗП)). Науково сформовані і практично реалізовані напрацювання дадуть змогу підвищити загалом експлуатаційні показники триланкових автопоїздів (ТЛАП), що набувають поширення у деяких країнах ЄС та актуальні й для України.

**Зв'язок роботи з науковими програмами.** Дослідження проводились з врахуванням Постанови КМУ від 7.09.2011 р. № 942 “Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2020 року”, відповідно до наукової держбюджетної тематики кафедри автомобілебудування Національного університету “Львівська політехніка”: “Міцність та безпека кузовів автобусів і автомобілів” (№ д/р 0114U001684) і “Дослідження та параметрична оптимізація колісних транспортних засобів і спецтехніки” (№ д/р 0114U001683).

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність і новизна.**

**Науковою новизною дисертаційної роботи є:**

1. Розробка методики оцінювання динаміки навантажень (ТЗП) ТЛАП і

конструктивного синтезу необхідних пружно-демпфуючих характеристик та інерційності спрацювання ТЗП послідуючих ланок багатоланкових автопоїздів, зокрема третьої ланки автопоїзда.

2. На етапі компонування, при формуванні математичного опису відповідних схем за допомогою рівняння Лагранжа II роду, використання графів конструктивних схем багатоланкових автопоїздів і ТЗП.

3. Удосконалення математичної моделі руху ТЛАП, яка дала можливість безпосередньо визначити величини максимальних динамічних навантажень на ТЛАП та досліджувати, при цьому, характеристики впливу ТЗП різноманітних конструкцій.

4. Подальшим розвитком досліджень ТЛАП вдосконалені сучасні методи математичного моделювання, що дало можливість встановити закономірності впливу конструктивних параметрів ТЛАП і ТЗП на показники руху автопоїзда й обґрунтувати конструктивні параметри ТЗП ТЛАП з урахуванням умов руху та сформулювати практичні рекомендації щодо зменшення динамічних навантажень і покращення характеристик руху автопоїзда.

**Практичне значення** одержаних результатів дисертаційної роботи полягає:

1. В створенні математичної моделі ТЛАП, яка дає можливість досліджувати вплив геометрично-масових, пружно-демпфуючих параметрів (таких як положення точок з'єднання мас ланок, завантаженості ланок, характеристик жорсткості пружних елементів ТЗП, тощо) на характеристики руху та динаміку навантажень елементів ланок ТЛАП.

2. Алгоритми і програми обчислень за допомогою математичної моделі для дослідження руху, які дають можливість, при зменшенні часу і витрат на створення нових ТЗП і автопоїздів, визначати базові експлуатаційні властивості автопоїздів на початкових стадіях проектування.

3. Методика інженерного розрахунку необхідних пружно-демпфуючих характеристик тягово-зчіпного пристрою автопоїзда, яка дала можливість зменшити динамічні навантаження в елементах конструкції ланок ТЛАП.

**Достовірність результатів дослідження** досягнута коректним використанням відомих математичних методів, основних положень теоретичної механіки і теорії автомобіля, застосуванням сучасної контрольно-вимірювальної апаратури і засобів математичного опрацювання результатів експериментальних досліджень ТЛАП і підтверджується задовільним співпадінням результатів аналітичних і експериментальних досліджень.

**Результати, отримані автором** у дисертаційній роботі, прийняті для практичного впровадження конструкторськими бюро ПрАТ ХК «АвтоКрАЗ» та ВАТ «Укравтобуспром», а саме методики розрахунку щодо підбору раціональних пружно-демпфуючих характеристик тягово-зчіпного пристрою автопоїзда. Основні результати дисертаційної роботи використовуються при підготовці фахівців за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування».

**Структура, зміст, методологія та оформлення дисертації.** Дисертаційна робота містить вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних джерел та додатки. Повний обсяг дисертації становить 168 сторінок, з них 130 сторінок основного тексту, 50 рисунків, 12 таблиць, бібліографія на 13 сторінках налічує 141 джерело, 7 додатків на 24 сторінках.

У **вступі** обґрунтовано актуальність дослідження, наведено зв'язок роботи з науково-дослідною тематикою кафедри, визначено мету і задачі дослідження. Сформульовано наукову новизну, практичне значення отриманих результатів та особистий внесок здобувача. Наведено відомості про опублікування результатів дослідження та їх апробацію.

В **першому** розділі на основі огляду вітчизняних і закордонних публікацій щодо тенденцій використання багатоланкових автопоїздів, дослідження коливань, динаміки навантажень, патентів конструкцій зчіпних пристроїв, методик дослідження багатоланкових транспортних засобів визначено мету подальших досліджень і задачі, необхідні для вирішення поставленої мети.

В другому розділі представлено методику зниження динамічних навантажень в ланках автопоїздів шляхом їх пружно-демпфувального з'єднання. Для цього, ще на стадії концептуального проектування, використавши морфологічне середовище і метод почленної диз'юнкції, сформувавши якісні ознаки майбутнього проектного ТЗП. Запропоновано структурний аналіз і синтез ТЗП, який передуює параметричному аналізу і оптимізації. Автор запропоновано використовувати додаткові критерії з урахуванням процедури ранжирування і типу транспортного засобу. Автор пропонує враховувати принцип докладених зусиль й отриманого ефекту.

**Третій** розділ присвячений розробці узагальненої моделі руху багатоланкових автопоїздів з використанням рівнянь Лагранжа другого роду. Для вузьких задач досліджень, на основі принципу Д'Аламбера, узагальнена модель спрощується з метою зменшення трудомісткості і складності обчислень. При аналітичних дослідженнях використовувалися графі конструкцій автопоїздів. Це спростило підхід до запису математичної моделі з урахуванням різних конструкцій багатоланкових автопоїздів.

**Четвертий** розділ присвячений апробації методики розрахунку динаміки навантажень тягово-зчіпних пристроїв багатоланкових транспортних засобів. Методика містить три етапи.

Перший етап – апробація програмної моделі (ПМ). Це перевірка правильності запису диференціальних рівнянь ПМ. Розглядалися тривіальні випадки статичної і динамічної ТЛАП.

Другий етап апробації - перевірка точності вибраного числового методу з урахуванням особливостей роботи транспортного засобу (режими руху, межі зміни параметрів, стійкість числового методу, тощо). Проведено аналіз результатів опублікованих досліджень і порівняно з результатами, отриманими за допомогою розробленої ПМ.

Третій етап апробації – отримання значень параметрів та характеристик реального автомобіля для подальших різноманітних комп'ютерних досліджень.

Проведені експериментальні дослідження підтвердили адекватність математичної моделі у реальному часі.

В п'ятому розділі проведено комп'ютерне моделювання режимів руху ТЛАП. На першому етапі промодельовано ТЗП при неусталених режимах руху (розгін і гальмування). На другому етапі промодельовано рух триланкового автопоїзда з використанням спроектованого пневматичного ТЗП (ПТЗП). На основі проведених досліджень представлено методику розрахунку ПТЗП, яка полягає у послідовному розрахунку амортизатора, пневмобалона, компресора, ресивера і пневмобалонів, що їх з'єднують. Під час вибору типорозмірів, геометричних розмірів і матеріалів враховано умови експлуатації, статичне навантаження на ТЗП, робочий тиск у пневмосистемі та режими руху ТЛАП.

**Висновки** є обґрунтованими і відповідають результатам проведених теоретичних та експериментальних досліджень.

**Повнота викладення результатів в опублікованих працях.** Основні положення дисертаційного дослідження висвітлено у 11 публікаціях: 3 статті у наукових періодичних виданнях іншої держави, 4 - у наукових фахових виданнях України, 4 тези доповідей та матеріалів конференцій.

Праці Бадейнова О.М. відповідають п. 11 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 року № 167 (зі змінами, внесеними від 21.10.2020 р.).

**Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності.** У дисертаційній роботі Бадейнова О.М. «Динаміка навантажень та покращення пружно-демпфуючих характеристик тягово-зчіпних пристроїв триланкового автопоїзда» ознак академічного плагіату не виявлено. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

### Зауваження щодо змісту дисертації.

Оцінюючи зміст представленої до захисту дисертації Бадейнова Олександра Михайловича, обґрунтованість висновків та рекомендацій є потреба зробити коментарі та необхідність звернути увагу на дискусійні, з мого погляду, положення дисертаційної роботи, які можуть стати предметом обговорення під час захисту.

1. Не зрозуміло, що означає умовне позначення «БАТЗ» (стор. 18), на яке немає посилання в переліку умовних позначень (стор. 19)?

2. Занадто дрібний шрифт у позначеннях параметрів динамічної еквівалентної схеми руху триланкового тракторного поїзда на рисунку 1.3 (стор. 36), що ускладнює її розгляд.

3. Не зрозуміло для чого на рисунку 1.15 (стор. 48) наведено позначення «Фіг. 3», на яке немає посилання у тексті?

4. На рисунку 3.7 не позначено кут поздовжнього нахилу дороги (стор. 75).

5. Доцільно було б обґрунтувати відсутність досліджень зчіпних пристроїв шворнево-вилкового, кульового типів (розділ 1).

6. Не зрозуміло які саме радіуси (статичні, динамічні або ін.) використано в системі рівнянь (3.24), про які згадано у поясненнях на стор. 88?

7. Не зрозуміло особливості режиму руху малотоннажного автомобільного поїзда, схема якого наведена на рис. 4.1 (зокрема позначення « $2q_0$ »), що використовується у другого етапу апробації програмної моделі другого етапу апробації програмної моделі.

8. У поясненнях до рисунку 4.4 (стор. 110) наведено складові вимірювального комплексу апаратури для визначення характеристик транспортних засобів, але на самому рисунку номери зазначених позицій не позначено.

9. Доцільно було б навести технічні характеристики вимірювального комплексу, що використано для експериментальних досліджень (четвертий розділ).

10. Не зрозуміло за якого профілю дороги проведено дослідження, результати якого наведено на рис. 5.5-5.6 (стор. 122)?

Висловлені зауваження не знижують загальний високий науковий рівень дисертаційного дослідження, новизну одержаних результатів та достовірність результатів дисертації, котрі широко обговорювались протягом значного часу науковою спільнотою. Встановлені в дисертаційній роботі закономірності та їх аналіз є завершеним науково-практичним дослідженням, що покращує показники безпеки і стійкості руху ТЛАП з пневматичними ТЗП його ланок.

**Відповідність дисертаційної роботи встановленим вимогам Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого ступеня доктора філософії.** Розглянута дисертаційна робота є самостійною завершеною науково-дослідною працею здобувача. Матеріал, який викладений у дисертаційній роботі свідчить про достатній рівень розробки теми. Порядок та стиль викладення матеріалу відповідає вимогам, які пред'являються до дисертаційних робіт. Результати досліджень і висновки, які отримані при дослідженнях в попередніх розділах, є основою для продовження досліджень та викладення матеріалу у наступних розділах. Це обумовлює внутрішню єдність дисертаційної роботи, при цьому всі етапи роботи спрямовані на досягнення мети, яка поставлена в роботі, зміст якої відповідає спеціальності 133 “Галузеве машинобудування” (13 “Механічна інженерія”).

Методологія дисертації сучасна, включає широке використання математичних методів, комп'ютерне моделювання та експериментальну перевірку основних положень на реальному триланковому автопоїзді.

Дисертаційна робота свідчить про те, що її автор сформувався як науковець, який може самостійно ставити і вирішувати наукові та дослідницькі завдання, аналізувати отримані результати та обґрунтовувати висновки і рекомендації щодо поліпшення показників стійкості руху автопоїздів.

Дисертація представлена якісною технічною мовою, з використанням загальноприйнятої термінології, має необхідну кількість ілюстрацій. Оформлення дисертації відповідає вимогам до оформлення.

### **Загальний висновок**

1. Робота присвячена вирішенню актуальної науково-практичної задачі підвищенню ефективності та безпечності руху автопоїздів, а її об'єм відповідає вимогам до дисертаційних досліджень на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 “Галузеве машинобудування” (13 “Механічна інженерія”).

2. Висловлені зауваження до матеріалів дисертаційної роботи, що наведені у відгуку, не знижують загальний високий науковий рівень роботи, яка достатньо повно відображена у наукових працях та матеріалах конференцій.

3. Дисертаційна робота Бадейнова О.М. «Динаміка навантажень та покращення пружно-демпфуючих характеристик тягово-зчіпних пристроїв триланкового автопоїзда» відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі змінами внесеними від 31.05.2019 р.), Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167 зі змінами, внесеними від 21.10.2020 р.). Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, виконана на належному науковому рівні.

4. Автор дисертаційної роботи Бадейнов Олександр Михайлович заслуговує присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 “Галузеве машинобудування” (13 “Механічна інженерія”).

Офіційний опонент:

професор кафедри автомобілів

Національного транспортного університету

кандидат технічних наук, доцент



В.М. Поляков