

ВІДГУК

офіційного опонента

*доктора технічних наук, доцента **Кашикінова Андрія Альбертовича**
на дисертаційну роботу **Михалевича Миколи Григоровича**
«Теоретичні основи систем керування зчепленням транспортних засобів
категорій N_3 та M_3 з механічною трансмісією»,
що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.22.02 - «Автомобілі та трактори»,
галузь знань 27 – Транспорт*

Для складання відгуку здобувачем надані дисертація, автореферат та копії опублікованих робіт.

Актуальність теми дисертації та її зв'язок з науковими програмами, планами, темами.

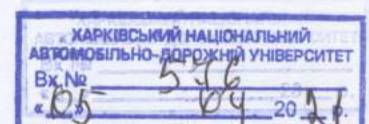
Розвиток конструкції транспортних засобів категорій N_3 та M_3 шляхом автоматизації роботи механічної трансмісії є загальносвітовою тенденцією, яка спостерігається як на автомобілях з традиційною силовою установкою так і під час використання гібридної силової установки чи самого електричного двигуна у якості тягового. Вдосконалення конструкції агрегатів трансмісії та систем керування ними є складовою вирішення комплексу складних проблем раціоналізації використання технологій викопного палива та зменшення шкідливих викидів у навколишнє середовище, зазначених в програмі ООН з забезпечення стійкого розвитку до 2030 року.

На основі зазначеного вважаю, що тема дисертації, наукова проблема та завдання, які сформульовано і вирішено в дисертаційній роботі Михалевича М. Г. є актуальними.

Дисертаційне дослідження виконано відповідно до постанови Кабінету Міністрів України №39 від 26 січня 1994 року «Про організацію виробництва міських автобусів великої місткості» та є складовою частиною досліджень Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (ХНАДУ):

– комплексної теми досліджень кафедри автомобілів ХНАДУ «Розробка адаптивних систем керування трансмісій транспортних машин» (№ 0108U001282);

– комплексної теми досліджень кафедри автомобілів ХНАДУ «Створення та впровадження інтелектуальної системи управління трансмісією автомобіля» (ДЗ/306-2008);



– комплексної теми досліджень кафедри автомобілів ХНАДУ «Теоретичні основи проектування інтелектуальної автоматизованої механічної трансмісії автобусів та вантажних транспортних засобів» (№ 0110U001167);

– комплексної теми досліджень кафедри автомобілів ХНАДУ «Теоретичні основи створення автоматизованої системи керування механічною трансмісією спеціальних та військових автомобілів» (№ 0117U002403);

– комплексної теми досліджень кафедри автомобілів ХНАДУ «Підвищення живучості багатовісних вантажних автомобілів військового призначення шляхом використання автоматичної трансмісії та підвищення надійності гальм» (№ 0119U001297).

Аналіз літератури, використаної в дисертаційному дослідженні.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується використанням широкої інформаційної бази за темою дисертації, в т.ч. численних наукових публікацій вітчизняних та зарубіжних вчених, монографій, технічних регламентів, інтернет-джерел. Перелік використаної літератури в дисертаційному дослідженні складає 233 найменування.

Наукова новизна та практична цінність дисертаційної роботи.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в узагальненні, розвитку і удосконаленні існуючих та створенні нових методів підвищення ефективності рушення автотransпортних засобів, покращення умов роботи водія та підвищення комфорту під час руху. При цьому:

вперше:

– створено теоретичні основи формування закону автоматичного керування зчепленням, який відрізняється від відомих тим, що формується параметричними кривими, що дозволяє отримати гнучкий інструмент при адаптації закону керування зчепленням;

– розроблено метод обрання раціонального режиму керування швидкістю руху автотransпортного засобу, який відрізняється тим, що керуючий вплив є функцією прогнозованого шляху накату від поточної швидкості, це дозволяє уникнути зайвої витрати палива у міському циклі;

– запропоновано спосіб визначення початкової точки характеристики педалі керування з індуктивним датчиком, який відрізняється додатковим режимом роботи з шунтуванням його живлення, що сприяє підвищенню стабільності вихідних параметрів системи керування зчепленням;

удосконалено:

– математичний опис сухого тертя у частині взаємодії контактуючих тіл за відсутності проковзування, який відрізняється тим, що забезпечує стабільність характеристики моменту зчеплення під дією циклічного навантаження за

відсутності проковзування контактуючих тіл, що дає можливість проводити імітаційне моделювання робочих процесів зчеплення під дією циклічного крутного моменту двигуна;

отримали подальший розвиток:

– теорія автоматизованого та автоматичного керування рушанням автотранспортного засобу за рахунок розвитку теоретичних основ систем автоматизованого та автоматичного керування зчепленням для автотранспортних засобів категорій M_3 та N_3 , із ручним керуванням механічною коробкою передач, які відрізняються методологією узгодження параметрів закону керування із вихідними параметрами виконавчого пристрою керування зчепленням, це дає можливість визначати функціонал системи керування зчепленням на стадії проектування. Методологія може бути поширена на механічні трансмісії із напівавтоматичним або автоматичним керуванням коробкою передач;

– методологія формування стабільних вихідних параметрів системи керування зчепленням з врахуванням внутрішніх та зовнішніх факторів, яка на відміну від існуючих включає методи врахування температурного впливу навколишнього середовища на реакцію елементів системи керування, що сприяє підвищенню стабільності вихідних параметрів системи керування зчепленням;

– методологія забезпечення характеристик індукційних датчиків переміщення, яка відрізняється від відомих врахуванням впливу варіативності характеристик компонентів системи керування зчепленням, що сприяє підвищенню стабільності сигналу з індуктивного датчика та вихідних параметрів системи керування зчепленням.

Практичне значення одержаних результатів полягає в можливості їх використання для створення нових зразків техніки із якісно новими властивостями в частині керування автомобілем та модернізації автотранспортних засобів, що вже знаходяться в експлуатації.

Результати дисертаційного дослідження отримали впровадження в навчальному процесі ХНАДУ при підготовці бакалаврів і магістрів за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» та при підготовці докторів філософії за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»; в практичній діяльності приватного акціонерного товариства «Вовчанський агрегатний завод», де використовуються методи випробування зразків продукції, що випускається під час проведення тривалих та кліматичних випробувань; в практичній діяльності «Запорізького автомобільного заводу», де проведені випробування з метою вивчення властивостей автобусів виробництва «ЗАЗ» із розробленою автоматизованою системою керування зчепленням; в практичній діяльності «Полтавський автоагрегатний завод», де використовуються методи

забезпечення стабільних характеристик індуктивних датчиків положення; в практичній діяльності Холдингової компанії «АвтоКрАЗ», де використовується метод обрання раціонального режиму руху автотранспортного засобу на основі функціональної залежності між шляхом руху у режимі накату або гальмування двигуном та початковою швидкістю руху.

Оцінка основного змісту дисертації та її структури.

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою. Матеріали дисертації викладені в логічній послідовності на 368 сторінках повного тексту і відображають зміст та результати проведених досліджень. Дисертація містить вступ, шість розділів, висновки, список використаних джерел із 233 найменувань на 25 сторінках та додатки на 18 сторінках. Основний текст займає 288 сторінок та 16 сторінок, площа яких повністю зайнята рисунками та таблицями. Робота ілюстрована 215 рисунками, наведено 2 таблиці.

Оформлення дисертації відповідає основним вимогам щодо оформлення дисертацій. В ній у достатньому обсязі наведено графічні та ілюстративні матеріали та додатки. В додатках є документи, які підтверджують впровадження наукових розробок здобувача.

У першому розділі розкрито вимоги до вихідних параметрів системи керування зчепленням, проведено аналіз складових систем керування зчепленням та законів керування зчепленням, підходів щодо оцінювання якості їх роботи, виконано огляд і аналіз математичних моделей та теоретичних досліджень складових системи керування зчепленням, моделей електромагнітних клапанів в математичних моделях систем керування електропневматичними апаратами, проаналізовано серійні зразки автоматичних систем керування зчепленням, способи реалізації компенсації зношування фрикційних накладок веденого диску зчеплення.

В цілому, матеріал, що викладений в цьому розділі достатньо повний та відбиває сучасний стан проблем, що розглядаються в роботі.

В другому розділі розроблено теоретичні основи для проведення імітаційного моделювання рушання автотранспортних засобів, яке дає змогу тестування законів та алгоритмів керування зчепленням, та оцінки їх ефективності у порівнянні з ручним керуванням. Запропоновані теоретичні підходи щодо моделювання роботи двигуна внутрішнього згоряння, зчеплення, інших елементів трансмісії, опору коченню при початку руху, кузова автотранспортного засобу, виконавчого пристрою керування зчепленням, електронного блоку керування та реалізації моделі керуючих впливів на педаль акселератора.

У третьому розділі з метою алгоритмізації керування зчепленням було класифіковано режими руху, які стосуються керування зчепленням та

визначено можливі режими рушання, під час якого розрізняють рушання з подальшим прискоренням та рушання з виходом на сталу швидкість руху з коливальним або аперіодичним характером.

В четвертому розділі з метою забезпечення стабільних вихідних параметрів системи керування зчепленням при зміні внутрішніх та зовнішніх факторів були проведені експериментальні дослідження, щодо їх впливу на систему керування зчепленням. Зокрема, було досліджено вплив температури на складові елементи системи керування зчепленням, роботу датчика положення індуктивного типу, вплив температури на електронний блок керування, запропоновані та реалізовані необхідні вдосконалення індукційного датчика положення педалі зчеплення, визначено вплив температури на роботу резистивного датчика зворотного зв'язку та роботу електромагнітного клапана, виконано оптимізацію керуючих впливів електропневматичного клапану.

В п'ятому розділі розкрито можливості забезпечення обраної стратегії рушання автотранспортного засобу на основі корекції закону керування зчепленням, які реалізуються на основі врахування впливу реальних властивостей виконавчого пристрою керування зчепленням на робочий процес рушання автотранспортного засобу, адаптації закону керування до різних режимів рушання, забезпечення плавного торкання поверхонь тертя дисків зчеплення, плавного переходу від точки торкання дисків до положення штоку виконавчого пристрою, що задано законом керування, визначення значення функції параметричної кривої Безье за її аргументом, фільтрації сигналів в системі керування зчепленням та використання вибігу для економії палива.

В шостому розділі наведено порівняння керування зчепленням в автоматичному та не автоматичному режимах, показана необхідність забезпечення високої точності позиціонування штоку виконавчого пристрою керування зчепленням при використанні режиму мікропроковзування.

У висновках викладені найбільш важливі наукові і практичні результати, одержані в дисертаційному дослідженні.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність і новизна.

Основні результати досліджень Михалевича М.Г. достатньою мірою обґрунтовані. Їх наукова достовірність не викликає сумнівів, оскільки вони отримані в результаті теоретичних та експериментальних досліджень, які базуються на загальнонаукових методах системного аналізу проблем функціонування автоматичних та автоматизованих систем керування; чисельних методів вирішення систем диференціальних рівнянь та складних нелінійних систем для проведення імітаційного моделювання; методів математичної статистики для обробки результатів вимірювань та обчислення

похибок величин; методів планування експерименту та кіберфізичних систем при проведенні експериментальних досліджень.

Автором дисертації чітко окреслені і логічно побудовані мета та завдання дослідження, обґрунтовано теоретичні та методичний підходи щодо їх виконання, розроблено і апробовано відповідні пропозиції, які у своїй комплексності є науковим шляхом вирішення наміченого завдання. Особливо варто відмітити, що завдання дослідження, положення наукової новизни і висновки дисертації є логічно взаємопов'язаними. Результати дослідження отримані автором особисто.

Зауваження до висновків:

У першому висновку доцільно було чітко визначити аспекти існуючої проблеми керування зчепленням та рушення автотранспортних засобів категорій N_3 та M_3 в рамках напрямку досліджень, обраного на основі системного аналізу проблемних питань.

У другому висновку необхідно було навести критерії оцінювання якості математичних моделей опису процесів автоматизованого та автоматичного рушення автотранспортного засобу.

Третій висновок носить декларативний характер. Він не містить кількісних даних чи висновків логічного обґрунтування щодо переваг авторського підходу, які підтверджують можливість отримання найкращого результату із множини можливих у випадку застосування запропонованих теоретичних основ системи керування зчепленням механічної трансмісії автотранспортних засобів категорій M_3 та N_3 .

В четвертому висновку треба було чітко вказати, які саме умови роботи водія покращуються при застосуванні запропонованих теоретичних основ формування автоматичного закону керування зчепленням.

П'ятий висновок достовірний. Зауважень немає.

У шостому висновку доцільно було вказати вичерпний перелік вихідних параметрів системи керування зчепленням, необхідний рівень забезпечення стабільності цих параметрів та рівень стабільності, який забезпечується при впровадженні дисертаційних розробок.

Сьомий висновок достовірний. Зауважень немає.

У восьмому висновку доцільно було вказати практичні переваги запропонованих в дисертаційному дослідженні розробок, а не надавати перелік підприємств де впроваджені результати роботи, який дублює інформацію подану у вступі.

В цілому дисертаційна робота Михалевича М. Г. є оригінальною науковою працею, яка виконана на належному теоретичному і прикладному рівні. Вона має послідовну та виважену структуру і за своєю композиційною будовою є

комплексним та завершеним науковим дослідженням. Зміст роботи та багатогранність висвітленої проблеми свідчать про різносторонню, і водночас комплексну наукову компетентність її автора. Викладене вище свідчить про обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, поданих у дисертаційній роботі Михалевича М. Г.

Зв'язок докторської дисертації з кандидатською дисертацією.

Наукові положення, результати та висновки, які захищені здобувачем у кандидатській дисертації, не залучені до розгляду нових наукових положень, результатів і висновків та не стали предметом дослідження поданої до захисту докторської дисертації.

Відповідність автореферату змісту дисертаційної роботи та встановленим вимогам.

Автореферат ґрунтовно розкриває зміст дисертаційної роботи, за змістом відповідає основним положенням, що викладені в дисертації, та не містить інформації, яка не відображена в самій роботі. За своєю структурою, обсягом і оформленням дисертація та автореферат відповідають вимогам МОН України.

Загальна оцінка роботи та повноти викладу результатів дисертації в опублікованих працях.

Дисертація та автореферат викладені з використанням існуючих нормативних технічних термінів послідовно, коректно та мають завершену логічну структуру. Матеріали рецензованої дисертації та автореферату дають підстави стверджувати, що поставлену автором мету досягнуто, сформульовані задачі розв'язано, а висновки відображають основні результати роботи.

Основні положення дисертаційної роботи опубліковані у 35 наукових працях, зокрема: 2 монографії; 21 публікація у наукових фахових виданнях України та інших держав (з них 16 у виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз, у тому числі 4 публікації у виданнях, що індексуються у Scopus і Web of Science і з них 2 публікації у виданнях, віднесених до кuartилів Q2); 10 тез у збірниках доповідей наукових конференцій; 2 патенти на винахід.

Наприкінці кожного розділу наведено перелік публікацій, в яких були відображені матеріали відповідного розділу. Аналіз переліку публікацій кожного розділу надає підстави зробити висновок щодо повноти посилань на всі наукові праці здобувача, які наведені в анотації.

Основні результати дисертаційних досліджень доповідалися, обговорювалися та отримали позитивну оцінку на багатьох міжнародних науково-технічних конференціях та семінарах.

Об'єм публікацій та апробація результатів роботи відповідають вимогам, що пред'являються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук.

Зауваження та дискусійні питання.

Поряд із загальною позитивною оцінкою аналіз дисертаційної роботи дозволяє вказати на деякі дискусійні питання та окремі недоліки:

1. В дисертаційній роботі відсутня структурно-логічна схема вирішення проблеми підвищення ефективності рушання автотранспортних засобів категорій N_3 та M_3 , покращення умов роботи водія та підвищення комфорту під час руху, що суттєво ускладнює представлення розроблених автором теоретичних основ керування зчепленням та їх розуміння.

2. У вступі до дисертаційної роботи при описі методів дослідження (стор. 3 автореферату, стор. 25 дисертації) автор застосував поняття «диференційне рівняння». Оскільки в роботі для проведення імітаційного моделювання застосовувались чисельні методи щодо рівнянь, які встановлюють залежність між незалежними змінними, числами (параметрами), невідомими функціями та їхніми похідними, очевидно автор мав на увазі диференціальні рівняння.

3. Потребує пояснення, що означає словосполучення «конструктивна приємність», застосоване автором на стор. 39 дисертаційного дослідження.

4. Частина матеріалу з розділу 2 доцільніше було б представити в розділі 1 (рис. 2.3, 2.4, 2.9, 2.10 тощо).

5. Математична модель електронного блоку керування зчепленням не представлена у тексті дисертації в явному вигляді. Пункт 2.7 містить лише блок-схему її реалізації в середовищі Matlab та частину програмного коду, який доцільно було винести в додатки.

6. Окремі висновки по розділах носять деклараційний характер, тобто у формі анотації перераховується те, що зроблено в дисертації.

7. У тексті дисертаційної роботи мають місце деякі описки та неточності.

8. Текст дисертації і автореферату перевантажений схемами і рисунками.

Вказані зауваження та дискусійні питання не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи в цілому та її наукової і практичної цінності.

Дисертацію оформлено відповідно до вимог МОН України. Слід відзначити чітке та послідовне викладення матеріалу, володіння предметом дослідження, добру мову написання.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

Дисертаційна робота **Михалевича Миколи Григоровича** є завершеною науковою працею, яка виконана з використанням сучасних методів досліджень, містить наукові теоретичні та практичні результати, що у своїй сукупності вирішують важливу наукову проблему підвищення ефективності рушання

автотранспортних засобів, покращення умов роботи водія та підвищення комфорту під час руху шляхом покращення вихідних параметрів автоматизованих та автоматичних систем керування зчепленням автотранспортних засобів категорій М₃ та N₃. Робота за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.22.02 – «Автомобілі та трактори».

Автореферат та публікації автора достатньо повно відображають зміст та основні наукові результати виконаного дослідження. Зміст автореферату відповідає основним положенням дисертаційної роботи.

Зауваження по роботі, що визначені у відгуку, не знижують наукову та практичну цінність роботи, не ставлять під сумнів вхідні наукові положення та основні результати дослідження, які пройшли достатню апробацію.

Дисертаційна робота Михалевича М. Г. відповідає вимогам МОН України щодо докторських дисертацій, наведених у пунктах 9, 10, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів», що затверджений Постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р. (із змінами), а її автор Михалевич Микола Григорович, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.22.02 – автомобілі та трактори.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, доцент,
професор кафедри автомобілів
та транспортного менеджменту
Вінницького національного
технічного університету



А. А. Кашканов

