

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу Босенка Володимира Миколайовича на тему «**Підвищення показників маневреності та стійкості руху сідельних автопоїздів для перевезення довгомірних вантажів**», представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.02 — «Автомобілі та трактори»

### **Актуальність теми дисертації**

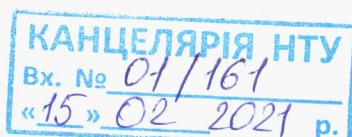
Робота пов'язана з важливими експлуатаційними і економічними показниками автомобілів для спеціальних вантажних перевезень та обумовлена не до кінця вирішеною задачею необхідності вибору та обґрунтування типу приводу та способу управління осями напівпричепа.

За результатами теоретичних досліджень було встановлено, що експлуатація сідельних автопоїздів в граничних режимах руху (максимальні швидкості, мінімальні радіуси повороту) вимагатиме конструктивних змін ланок автопоїзда. Ефективність використання сідельних автопоїздів при транспортуванні усієї гами вантажів в значній мірі залежить від їх здатності вписуватися в допустиму смугу руху та не створювати перешкод для транспортного потоку. Розв'язання цієї задачі можливе при обладнанні напівпричепів самоустановлювальними або керованими колесами. Вибір типу приводу керування є основною задачею маневреності та стійкості руху сідельного автопоїзда.

Тому питання дослідження показників маневреності і стійкості руху сідельних автопоїздів та обґрунтування раціонального вибору їх конструктивних параметрів і закону управління колесами (осями) напівпричепів, яким присвячена дисертація, є **актуальним**.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами**

Дисертаційне дослідження виконувалось в межах плану наукових робіт Національного транспортного університету, виконана у рамках завдань держбюджетних НДР МОН України: «Підвищення продуктивності, економічності та безпеки автомобілів та автопоїздів», номер держреєстрації 0110U008227 (2011-2013рр.); «Поліпшення експлуатаційних властивостей автомобілів та автопоїздів з різними енергетичними установками», номер держреєстрації 0114U000119 (2014р., 2016р.), «Поліпшення експлуатаційних властивостей автотранспортних засобів з комбінованими енергетичними установками», номер держреєстрації 0117U000125 (2017-2019рр.).



## **Ступінь обґрутованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність і новизна**

**Наукову новизну** дисертаційного дослідження становлять:

- застосування комбінованої системи управління напівпричепом, що включає подвійний привід керування і гальмування коліс одного борту коліс напівпричепа, за яких забезпечуються нормовані значення показників маневреності автопоїзда з довгобазовим напівпричепом;
- уdosконалено методику визначення критичної швидкості і граничної швидкості початку коливальної нестійкості автопоїзда з різними системами управління колесами (осями) напівпричепа. Методика дозволяє підбирати та оптимізувати параметри системи управління напівпричепом та автопоїздом в цілому, завдяки чому забезпечується стійкість його руху в межах експлуатаційних навантажень та швидкостей;
- отримав подальший розвиток підхід до визначення гальмівних моментів на окремих колесах возика напівпричепа, як складових загального повертального моменту, що забезпечує необхідні показники маневреності та стійкості руху автопоїзда.

**Практичне значення** одержаних результатів дисертаційної роботи ґрунтуються на розроблених математичних моделях руху автопоїзда, які дозволяють за заданими конструктивними параметрами прогнозувати маневреність і стійкість автопоїзда на стадії проектування, скорочуючи при цьому час і витрати на створення нових і модернізацію існуючих автопоїздів; величина гальмівного моменту на колесах возика напівпричепа, за якого забезпечується задовільні параметри маневреності та стійкості руху автопоїзда.

Застосування запропонованої системи управління колесами (осями) напівпричепів дозволяє зменшити габаритну смугу руху автопоїзда в середньому на 32 %.

**Достовірність результатів дослідження** забезпечена коректним використанням існуючих математичних методів і основних положень теоретичної механіки і теорії автомобіля, застосуванням сучасної контрольно-вимірювальної апаратури і засобів математичного опрацювання результатів експериментальних досліджень макета автопоїзда і підтверджується задовільним збігом результатів аналітичних і експериментальних досліджень.

**Результати, одержані автором** у дисертаційній роботі прийняті до використання у відділі науково-технічних експертиз ДП «ДержавтотрансНДпроект» при визначенні експлуатаційних показників автопоїздів та у ТОВ «Укртрансміст ЛТД» при модернізації довгобазних автопоїздів, що здійснюють перевезення великогабаритних будівельних конструкцій в щільному міському русі. Також, основні положення та

результати дисертаційної роботи використовуються при підготовці фахівців за спеціальностями 133 «Галузеве машинобудування» та 274 «Автомобільний транспорт».

### **Структура, зміст, методологія та оформлення дисертації**

Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 213 сторінок, включаючи 147 сторінок основного тексту, 13 таблиць, 50 рисунків, список використаних джерел зі 213 найменувань та 6 додатків.

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, сформульовані мета, задачі, об'єкт і предмет дослідження, викладені наукова новизна, практичне значення, інформація про апробацію та публікації основних положень дисертації.

Автором в **першому** розділі проведено огляду вітчизняних і закордонних публікацій щодо дослідження криволінійного руху автопоїзда. За матеріалами наукових робіт виконано аналіз підходів, щодо використання систем керування причіпними ланками. Встановлено що необхідний кут повороту коліс причіпних ланок має складний характер, він залежить від багатьох факторів, особливий вплив мають кут складання автопоїзда та його швидкість руху.

Автором вказано на доцільність розробки систем управління керованими колесами возика напівпричепа. В якості основної задачі дослідження прийняті показники маневреності і стійкості АТЗ та встановлення кількісного і якісного зв'язку між його характеристиками та компонувальною схемою.

*До зауважень:*

- потребує пояснення висловлювання «... система управління ... » та «...керовані напівпричепи ...» (стор. 35);
- на деякі джерела (наприклад, [62, 63]) 1969, 1970 р.р. не доречно посилатися; то були зовсім інші автомобілі, конструкції і матеріали;
- робота була виконана давно, тому мають місце невдалі висловлення, як «... до 2020 року ...» (стор. 46);
- дуже детально описані прості і зрозумілі поняття (що таке маневреність, стійкість, керованість, габаритна смуга руху та ін.); перший розділ перезавантажений цими висловлюваннями;
- в розділі вже можна було навести гіпотезу дослідження.

В **другому** розділі обґрунтовано показники маневреності автопоїзда які можливо досягти використовуючи різні системи управління керованими ланками; відзначено, що інтенсивність зміни кривизни траєкторії возика напівпричепа при збільшенні гальмівного моменту на колесах возика в різних комбінаціях є суттєвим фактором та його слід враховувати.

Повертаючий момент на осіх напівпричепа створюється роботою приводу управління і дією гальмівного моменту на колесах одного борту

возика. Багатоваріантними розрахунками встановлено, що для забезпечення оптимальних показників маневреності автопоїзда гальмівний момент на колесах одного борту возика напівпричепа не повинен перевищувати 20% моменту, можливого до реалізації на осіх возика за умови зчеплення його коліс з опорною поверхнею. Досліджено коливальні явища що відбуваються протягом першої секунди при неусталених поворотах з високою інтенсивністю.

*До зауважень:*

- потребує пояснення чому для порівняльної оцінки габаритної смуги керованих та некерованих сідельних причепів були обрані саме тягачі VOLVO і КрАЗ? (стор. 88 – 90);
- при розрахунках динамічної повороткості напівпричепів не обґрунтовано, чому вони були виконані саме для інтервалу зміни величини гальмівного моменту на колесах бортів саме в межах від 0 до 5000 Нм?

В третьому розділі здобувач навів розроблені математичні моделі та визначені показники стійкості автопоїзда. Був використаний модульний принцип побудови автопоїзда, ведена ланка складається з кінематично незалежних платформи і возика, несуча система напівпричепа (або вантаж, виконує функцію несучої системи) спирається на возик, причому між ними існує шарнірний зв'язок, а керованими є колеса або осі возика. Використання такої схеми компонування надає універсальності розробленій моделі що дозволяє використовувати її для багатьох автопоїздів.

Автором було встановлено взаємозв'язок між критичною швидкістю автопоїзда та його конструктивних параметрів; показників стійкості у загальному випадку руху автопоїзда; кутів відведення коліс візка і автомобіля тягача; кутів повороту керованих коліс тягача і передньої осі напівпричепа за різних значень величини гальмівного моменту.

На основі отриманих результатів було сформовано вихідні дані для проведення експериментального дослідження на фізичній моделі, перевірити вплив характеристик автопоїзда на маневреність та стійкість.

*До зауважень:*

- потребує пояснення назва п. 3.1, який підкреслює «... автопоїзда»;
- чим характеризуються «...кінематично незалежні елементи ...»?;
- що треба відносити до «... неусталений поворот ...» - рис. 3.3, стор. 107. Як враховано вплив інерційних сил на перерозподіл вертикальних реакцій, стор. 108;
- таблиця 3.1 (стор. 116) дуже громіздка, її краще було винести в додатки;
- рисунки 3.7 – 3.16 з результатами математичного моделювання займають забагато місця, їх можна було навести у додатку;

- відсутня нумерація формул після формули (3.42) (стор.138–144), це ускладнює ознайомлення з роботою.

**Четвертий** розділ присвячено експериментальним дослідженням; наведено загальні положення, мета, завдання та результати експериментальних досліджень на фізичній моделі автопоїзда. В тексті дисертації подано вичерпну інформацію щодо конструкції самої моделі фізичного автопоїзда та датчиків, що застосовані для виміру та запису корисних сигналів. Приведені основні положення теорії подібності, на підставі яких автор вирішив використати фізичну модель.

При проведенні дорожніх експериментальних досліджень визначалися і реєструвалися параметри кінематики руху автопоїзда і динаміки роботи системи управління напівпричепом. Датчики для вимірювань параметрів руху автопоїзда були встановлені в різних місцях ланок фізичної моделі.

Організація та проведення експериментів передбачало три повторності у кожному з режимів, згідно вимог ДСТУ 3310–96. Виконувалися маневри на  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  та S-подібний, в кожному випадку проводилася фотофіксація заїздів з подальшою їх обробкою для визначення відхилення траєкторії тягача від заданої. Також визначалися параметри стійкості руху при русі автопоїзда прямолінійною траєкторією, а також при виконанні маневрів “переставка” і “поворот”.

*До зауважень:*

- формулі в цьому розділі не мають нумерації;
- чим пояснюється вибір в якості автомобіля прототипу Volvo FM–500 + KRONE – SDP 24 для експериментальних досліджень, і чому відмовилися від автомобілів VOLVO і КрАЗ з розділу 2?
- технічну характеристику автопоїзда (стор. 148), можна було навести у додатку.

**Основні висновки**, наведені в дисертації, достатньо обґрунтовані автором, сформульовані на підставі результатів проведених розрахункових і експериментальних досліджень.

На мою думку у п. 4 треба було конкретизувати, при яких саме параметрах пригальмовування коліс бортів возика досягаються зазначені зміни радіусу колової траєкторії руху автопоїзда.

**Повнота викладення результатів в опублікованих працях, ідентичність автореферату і основних положень дисертації.**

За результатами виконаного дослідження автором опубліковано 35 наукових праць (18 статей опубліковано у фахових виданнях України, 4 статті в іноземних періодичних виданнях та 9-ть у матеріалах науково-технічних

конференцій). У співавторстві опубліковано навчальний посібник. Отримано 3 патенти на винахід та корисну модель.

### **Зауваження щодо змісту дисертації.**

1. В першому розділі, проведений аналіз приводів керування, показників маневреності, стійкості та гальмівних властивостей. Проте замало уваги приділено сучасним електронним системам автоматизованого керування та гіdraulічним приводам.

2. Розділ два приділяє увагу прямому, зворотному та подвійному приводу керування возиком напівпричепа на базі механічного тросового приводу. Чому не були розглянуті електричні, гіdraulічні та комбіновані приводи керування?

3. В п. 2.3.1 автор стверджує, що при збільшенні гальмівного моменту до 2000 Нм і більше інтенсивність зміни кривизни траекторії возика напівпричепа практично стабілізується на досягнутому рівні. Проте він не вказує на причини цього явища.

4. В розділі 3 автор говорить про «... характерні точки...», проте він не розшифровує, що саме він має на увазі під цим терміном. Крім цього, з наведених автором моделей теорії відведення еластичного колеса не зрозуміло, яка саме з них була застосована при розрахунках маневреності та стійкості.

5. Отриманий автором вираз для визначення передаточного відношення системи управління напівпричепом є функцією не тільки геометричних параметрів і обезрозмірених коефіцієнта опору бічного відведення і гальмівного моменту, але і швидкості руху автопоїзда. Даний вираз має у своєму складі знак «плюс – мінус», в роботі слід було детальніше пояснити в яких випадках змінюється знак при гальмівному моменті і чому.

6. У висновках до роботи зазначено, що підтверджена адекватність розроблених математичних моделей для визначення показників маневреності автопоїзда як з системою подвійного керування возиком напівпричепа, так і подвійною системою управління возиком напівпричепа і корекцією траекторії возика шляхом гальмування коліс одного борту. Проте автор не зазначає, яким чином відбувається перехід від фізичної моделі до натурного автопоїзда.

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 представляють собою завершене науково-практичне дослідження, що дозволяє

поліпшити показники маневреності та стійкості руху сідельного автопоїзда з керованим напівпричепом.

**Відповідність дисертаційної роботи встановленим вимогам Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника.**

Матеріал, який викладений у дисертаційної 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 05.22.02 – «Автомобілі та трактори».

Методологія дисертації сучасна, включає широке використання математичних методів, комп’ютерне моделювання та експериментальну перевірку основних положень.

Дисертаційна робота показує, 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 маневреності та стійкості руху сідельних автопоїздів.

Дисертація представлена зрозумілою мовою, з використанням загальноприйнятої термінології та добре ілюстрована. Оформлення дисертації відповідає вимогам.

Автореферат відображає всі аспекти дослідження та дає можливість повністю оцінити його основні результати.

Розглянута дисертаційна робота є самостійною завершеною науково-дослідною працею автора. Її обсяг і структура як за змістом, так і за формою, у цілому, відповідають вимогам Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 р. та рекомендаціям МОН України, які пред'являються до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.22.02 – «Автомобілі та трактори».

**Загальний висновок**

1. Робота присвячена вирішенню актуальної науково-практичної задачі підвищенню продуктивності та безпечності руху сідельних автопоїздів для

перевезення довгомірних вантажів при виконанні транспортних робіт, у тому числі, в умовах щільного міського потоку.

2. Зміст дисертаційної роботи і автореферату ідентичні.
3. Об'єм дисертаційної роботи відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.
4. Зауваження до матеріалів дисертаційної роботи, що наведені у відгуку, не ставлять під сумнів результати роботи, які достатньо повно відображені у наукових працях, патентах та свідоцтвах про реєстрацію авторських прав на твір, обговорені на науково-технічних конференціях, маються відповідні акти використання та сертифікати.

5. Дисертаційна робота Босенка Володимира Миколайовича є закінченим науковим дослідженням, яке виконано на актуальну тему, та містить нові рішення актуальної науково-практичної задачі, має теоретичну та практичну значимість та відповідає паспорту спеціальності 05.22.02 — «Автомобілі та трактори», а саме пункту - «Повороткість, маневреність, керованість і стійкість автопоїздів, типи приводів управління автомобільних поїздів і їх вплив на показники техніко-експлуатаційних властивостей» та вимогам Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 р. та вимогам МОН України.

За актуальністю обраної теми, науковою новизною і практичним значенням отриманих результатів роботи, обсягу та глибині досліджень, наявності реального використання дисертаційна робота відповідає вимогам МОН України до кандидатських дисертацій, а її автор Босенко Володимир Миколайович, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.02 – «Автомобілі та трактори».

**Офіційний опонент:**

професор кафедри автомобілів  
і транспортних технологій  
Державного університету  
«Житомирська політехніка»,  
доктор технічних наук, професор  
Учений секретар

Олександр КРАВЧЕНКО

Державного університету  
«Житомирська політехніка»,  
к. держ. упр.



Лариса СЕРГІЄНКО