

ВІДГУК  
офіційного опонента, зав. кафедри «Автомобілебудування»  
НУ «Львівська політехніка», доктора технічних наук,  
професора Крайника Л.В. по дисертаційній роботі  
Єфименко Алли Миколаївни «Поліпшення поперечної стійкості колісного  
транспортного засобу шляхом вибору пружних характеристик колісних опор»  
за спеціальністю 05.22.02 – Автомобілі та трактори

## **1. Актуальність теми дисертаційної роботи**

Для декількох великих міст України, де будівництво метрополітену є недоцільним з економічних чи геологічних підстав, монорейковий громадський транспорт є реальною перспективою подальшого розвитку інфраструктури. Okрім одинокого епізоду реальних робіт і наукових досліджень в Україні по цій тематиці не проводилось (на відміну від інших промислово розвинутих країн). Очевидно, що представлена робота в цьому плані є актуальну, тим паче по одній з ключових проблем - щодо забезпечення безпеки пасажирських перевезень.

## **2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, що сформульовані у дисертації**

Обґрунтованість наукових положень і опрацьованих автором рекомендацій, конкретність методів дослідження відповідає сучасним вимогам до дисертаційних робіт у даній сфері техніки.

Результати досліджень викладено у п'яті розділах дисертації. Висновки по 4 розділах та постановка задач досліджень в першому, загальних 9 висновків по дисертації у цілому.

Стосовно обґрунтованості та новизни зроблено певні зауваження.  
Насамперед стосовно загальних висновків.

Висновок перший стосується констатації автором недостатності вивчення динаміки взаємодії направляючого колісного модуля з шляхопроводом та розробка науково-практичних рекомендацій щодо вибору типорозміру і характеристик шин несучих і направляючих коліс відповідно до динаміки взаємодії з шляхопроводом.

Висновок є реальним (з огляду і аналізу опублікованих інших досліджень) і значимим. Як заувагу можна відмітити тільки побажання щодо уточнення – не тільки типорозміру, але і характеристик шин, що фактично і зроблено в роботі (шини одного типорозміру можуть мати різні несівну здатність – індекс вантажності і інш.).

Висновок другий констатує отримання (у розвиток моделі проф. Е. Фіали) вдосконаленої моделі визначення моменту відведення шини, як стабілізуючого чинника, з неперервною похідною по куту відведення. Висновок вагомий, зауважень немає.

По третьому висновку – занадто безапеляційно констатується збільшення критичної швидкості КТЗ на 20% за рахунок стабілізуючого моменту шини. По-перше стабілізуючий момент для різних моделей і марок шин навіть одного типорозміру дещо відрізняється. По-друге різний вплив стабілізуючого моменту навіть однієї і тіє ж моделі шини на зміни критичної швидкості залежно від навантаження/zmіни маси КТЗ, кривизни траси і т.п. Очевидно, що

Кандидат  
ВА.  
30. 05. 2016  
01/655

однозначна констатація «збільшення на 20%» може мати місце тільки для якоїсь конкретної моделі шини у певних умовах, про що, однак, не зазначено.

Висновок четвертий присвячено кількісній оцінці стійкості і динаміці руху КТЗ у варіанті візка з прогумованими колесами. Бажаною була б кількісна порівняльна оцінка з пневматичними колесами як з умов критичних швидкостей, так і додаткових горизонтальних елементів, тим паче, що такі матеріали у дисертаційній роботі опрацьовано.

Висновок п'ятий надано кількісні оцінки взаємозв'язку збурень і бічних прискорень у функції швидкості руху в межах можливого діапазону до 35 м/с. Висновок безперечно є значним, інформативним і практично зорієнтованим.

Висновок шостий присвячено вибору характеристик пружних опор при русі по кривих постійного радіусу з умов комфорного рівня бічного прискорення за результатами відповідних досліджень – комп'ютерного розрахунку для опрацьованої автором динамічної еквівалентної моделі. Висновок інформативний, має теоретичну та практичну значимість.

У висновку сім запропоновано рекомендації щодо оптимальних значень вертикальної та поперечної жорсткості шин направляючих коліс, що є одним з найбільш практично значимих результатів дисертаційного дослідження. До зауваг можна віднести хіба що відсутність посилання на малогабаритні характеристики КТЗ та типорозміру шин (на жаль ця інформація відсутня і у автoreфераті, хоча у дисертаційній роботі – у повному об'ємі). Висновок вагомий і значимий.

Висновок вісім констатує з умов безпеки руху у заданому інтервалі граничних швидкостей рекомендації щодо індексу вантажопідйомності та індексу швидкості необхідних шин, однак без посилання на типорозмір шини, при якому проводились дослідження – необхідно повернутись до автoreферату і знаходити відповідну інформацію, бо рекомендованим індексам можуть відповідати і декілька типорозмірів. Однак загалом висновок є вагомим і практично зорієнтованим.

Висновок дев'ятий констатує прийняття рекомендацій до практичного використання у ДП «Державтотранс НДІпроект»

Загальне враження від висновків:

- висновки сформульовані достатньо чітко, можливо за винятком 3-го і упущення по типорозміру шин у 8-му, дають вагому інформацію про виконану автором роботу і її основні результати.

### **3. Наукова та практична цінність дисертаційної роботи**

Основну наукову цінність представляють наступні результати, що отримані автором:

- практично вперше в Україні опрацьовано моделювання і параметричну оптимізацію направляючого колісного модуля КТЗ на пневматичних шинах монорейкового типу;

- сформовано уточнену математичну модель поперечного крену КТЗ при русі на монорейкових напрямних з врахуванням насамперед у акценті відмінностей роботи напрямних і керованих коліс КТЗ;

- запропоновано у розвиток відомої моделі проф. Фіали уточнення щодо взаємозв'язку стабілізуючого моменту та кута відведення.

Окремо і додатково хочу зазначити опрацьовану авторкою нелінійну трифакторну модель кількісної оцінки взаємозв'язку бічного відведення шини у залежності від вертикального навантаження, тиску повітря у шині та бічної сили, що є практично вперше комплексно і системно, принаймні, у вітчизняних дослідженнях.

Практичну значимість роботи складає: опрацьована автором методологія оцінки і, відповідно, підбору конструктивних параметрів елементів колісних візків і шин КТЗ для монорейкового транспорту з умов забезпечення комфорту і стійкості руху.

Фактично це дає методологічну основу для компонування та проектних робіт типу КТЗ для власних розробок цього типу КТЗ в Україні.

**4. Достовірність отриманих результатів** підтверджується коректним використанням сучасних методів теоретичних та експериментальних досліджень стосовно об'єкту дослідження.

#### **5. Оцінка змісту, завершеності та оформлення дисертації**

Дисертація містить вступ, п'ять розділів, висновки і рекомендації, список використаних джерел та 4 додатки.

У вступі відображені актуальність, мету і завдання даного дослідження, предмет і задачі дослідження. Зауважень до вступу немає.

У першому розділі представлено аналіз існуючих конструкцій колісних машин монорейкового транспорту та проведено огляд існуючих відомих наукових робіт по тематиці власне поперечної стійкості колісних машин, як загалом, так і власне даного типу. Сформовані задачі дослідження.

Зауваження до першого розділу носять хіба що стилістичний характер – на с.12 поряд монорейкова система і в наступному абзаці уже монорейсова траса, на с.16 вираз - зменшення опору руху екіпажу, можливо коректніше опору рухові вагона.

Загалом проведено детальний аналіз дослідження, з домінуючою частиною зарубіжних публікацій, матеріали першого розділу є значимими і більш, ніж достатніми для кандидатської дисертації.

Другий розділ присвячено дослідженню пневматичних шин відповідного типорозмірного ряду та представлено вдосконалену математичну модель взаємодії колеса з опорною поверхнею на основі розвитку моделі, запропонованої проф. Е. Фіалою у Берлінському технічному університеті.

Це, без сумніву, представляє не тільки науковий, але і практичний інтерес, в т.ч. і для автомобілебудування, де в Україні з 2015р. введено як ДСТУ 23 стандарти ISO щодо стійкості і керованості певних категорій КТЗ, напрямки пов'язані з динамікою взаємодії пневматичних шин з опорною поверхнею.

Щодо зауважень – у 2.1. мій погляд, занадто детально розписані відомі конструктивні особливості існуючих конструкцій/типів шин, формулювання типу «пружного пневматика» (с.43)

Загалом друга глава, на мій погляд, є найбільш значимою як для теорії, так і проектування КТЗ в плані методичного підходу до вибору необхідних характеристик шин власне з умов стійкості руху.

Назва третього розділу «Математична модель колісного транспортного засобу» сформульована надто обширно – апріорі у даному випадку йдеся про математичну модель оцінки стійкості руху у поперечному напрямі/площині, ми

ж не досліджуємо тут і паливно-швидкісні характеристики чи динаміку гальмування.

Безперечно для майбутньої в Україні практики проектування монорейкового пасажирського транспорту практично значимим є порівняльний аналіз (на базі методів моделювання) колісних вузлів з пневматичними шинами та прогумованими колесами (звичко прийнятих у метрополітені). Позитивно слід оцінити і проведення дослідження на прикладі близьких до реальних масогабаритних характеристик КТЗ, до недоліків слід віднести хіба що відсутність аналізу впливу зміни типорозміру шин, їхніх характеристик на стійкість руху, а також стилістичний огріх на с.76 – пропущено слово «для» першого та другого візка у другому реченні першого абзацу.

Власне з конкретних висновків по розділу 3 і слід було б сформувати загальний висновок 3, зауваги до якого наведені вище.

Розділ 4 присвячено оцінці-розрахунку критичних умов забезпечення стійкості руху на переходних, комбінованих ділянках шляхопроводу – при проходженні з'єднань прямолінійних ділянок і колових з радіусом  $R \geq 150\text{m}$ . На мій погляд формування самої назви розділу «моделювання руху моделі...» краще було б відкоригувати, викинувши слово «моделі», так як моделювання руху КТЗ уже априорі передбачає наявність моделі. Загалом граничні умови, стадії моделювання реалізовані коректно і обґрунтовано, претензій до них немає.

Отримані результати і рекомендації щодо підбору необхідних пружних характеристик опор та діапазону вертикальної і поперечної жорсткості шин коліс (для обраного типового КТЗ повною масою 18-19т з умов дотримання комфортних, допустимих на пасажирському транспорті бічних прискорень з оцінкою крену КТЗ та перерозподілу реакцій на опорах.

Експериментальним дослідженням присвячено розділ 5 і власне у ньому проведено стендові дослідження характеристик, насамперед бічного відведення шин, з використанням методів багатофакторного планування експерименту (методу Бокса-Уіллсона) для нелінійної матриці по трьох вхідних факторах – тиску повітря у шині, вертикального навантаження та бічної сили. Враховуючи однічну проблему практики проектних робіт в автомобілебудуванні – брак достатньо повних характеристик шин від фірм-виробників, матеріали і сама методика підходу у 5 розділі заслуговують безперечної уваги. З особистого досвіду практичної роботи з використанням методів планування багатофакторного експерименту мушу зазначити коректність як самої процедури планування так і регресійної обробки результатів експерименту. Отримано реальні для практики рекомендації щодо підбору конкретних характеристик і моделей шин.

Загальні зауваження по оформленню дисертації.

Дисертацію оформлено згідно чинних вимог ДАК. Матеріали роботи викладені чітко, логічно і послідовно. Автор прекрасно володіє предметом і методами дослідження.

## 6. Публікації

Результати дисертаційної роботи достатньо повно представлено у 22 друкованих виданнях, в т.ч. у 8 фазових вітчизняних виданнях, у 1 іноземному

виданню та 1, що включено до міжнародної науково-метричної бази. Матеріали роботи апробовані на 12 наукових конференціях, що більш ніж достатньо.

## 7. Загальний висновок по дисертаційній роботі

Дисертаційна робота Єфименко Алли Миколаївни «Поліпшення поперечної стійкості колісного транспортного засобу шляхом вибору пружних характеристик колісних опор» є закінченою науковою працею. Вона є новою для спеціальності «автомобілі та трактори» в аспекті самого типу колісного транспортного засобу, але як у аспекті самого об'єкту дослідження, що повністю відповідає паспорту спеціальності 05.22.02 –« автомобілі та трактори», так і значимості отриманих результатів і опрацьованих методик по взаємодії інневматичної, автомобільної шини з опорною поверхнею вона ніяк не може бути віднесенна ні до залізничного транспорту (асоціація з рейковим транспортом) ні до наукової спеціальності «динаміка і міцність машин». Математичні моделі в аспекті розвитку моделі проф.. Е. Фіали і стендові, експериментальні дослідження представляють прямий інтерес і для автомобілебудування, як сфери технічних наук. Тим більш, що домінуюча частка наукової новизни, практичної значимості, змісту та висновків повністю відповідають паспорту спеціальності 05.22.02 і ніяк не співпадають з іншими науковими спеціальностями.

Дисертаційна робота Єфименко А.М. з запасом відповідає вимогам до кандидатських дисертацій з технічних наук згідно п.п. 11,12 – Порядку присудження...ДАК МОН України, а її автор – Єфименко Алла Миколаївна заслуговує присвоєння наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 - автомобілі та трактори.

Офіційний опонент

Завідувач кафедри «Автомобілебудування»

Національного університету «Львівська політехніка»,

доктор технічних наук, професор

 Л.В. Крайник

Підпис Крайника Л.В. засвідчує

Вчений секретар



 Р. Б. Брилинський