

ВІДГУК

офіційного опонента к.т.н. Полякова Віктора Михайловича
на дисертаційну роботу Бур'яна Михайла Володимировича
на тему «Плавність руху автобусів у взаємозв'язку з характеристиками підвіски
та сидінь», поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.22.02 - автомобілі та трактори

Актуальність теми дисертації.

Актуальність роботи пов'язана із сучасним станом мережі автомобільних доріг особливо II-ї категорії, а також сучасного автобусного парку пасажирських перевезень.

Підвищення комфортності пасажирських перевезень, в основі яких є насамперед віброколивна навантаженість пасажирів і водія, в Україні (зрештою як і загалом в країнах колишнього СРСР, а потім СНД) з недостатньо розвинутою мережею автомобільних доріг I категорії є актуальною задачею, насамперед для автобусів громадського транспорту, що домінують у загальному обсязі пасажирських перевезень.

На сьогодні в автопарку України для пасажирських перевезень домінують конструкції автобусів, побудовані на шасі вантажних автомобілів без зміни характеристик підвісок. Такі автобуси в своїй більшості використовуються на приміських маршрутах, де стан дорожнього покриття є особливо незадовільним. Такий стан речей є певним регресом навіть порівняно з часами СРСР, коли найбільш розповсюджений автобус ЛАЗ 695 в своїй задній підвісці мав компенсаційні пружини, що значно змінювали її характеристики й покращували плавність руху.

Окрім того, на теперішній час в Україні не існує стандарту, який би регламентував рівні вібронанавантаження на пасажирів (є лише для водія з умов охорони праці). Дослідження в даній сфері є актуальними і необхідними для розвитку перспективних конструкцій в автобусобудуванні, яке орієнтовано на комфортність перевезень пасажирів в цілому.

Виходячи із наведеного, тема дисертаційного дослідження Бур'яна М.В., що присвячена вирішенню науково-технічної задачі з оцінки плавності руху автобусів, виходячи з рівнів вібронанавантаження, що діють на пасажирів, є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота виконана відповідно до наукової держбюджетної тематики кафедри автомобілебудування Національного університету «Львівська політехніка» – «Дослідження робочих процесів та оптимізація конструкцій автотранспортних засобів» (держреєстрація №0107UOO1683) в рамках концепції розвитку автомобілебудування в Україні, затвердженої розпорядженням КМУ №452-р від 03.08.2006р. та тематики держбюджетних робіт ВАТ «Укравтобуспром» з розробки та оновлення національної нормативної бази.

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів, висновків і рекомендацій.

Сформульовані в роботі наукові положення та рекомендації в достатній мірі обґрунтовані та підтверджуються отриманими результатами. Обґрунтованість та достовірність результатів дослідження підтверджена коректним використанням сучасних методів імітаційного моделювання з використанням програмного комплексу MATLAB SIMULINK. Результати імітаційного моделювання підтверджено експериментальними дослідженнями, що проводились на автобусах ТУР А407 з різними типами підвісок в реальних дорожніх умовах.

Основні положення, що визначають наукову новизну дисертаційної роботи.

Основні наукові результати, висунуті на захист, полягають у формуванні науково-методологічних принципів оцінки та покращенні комфортності пасажирських перевезень автобусами різних класів, в тому числі й за рахунок параметричної оптимізації підвіски та сидінь за умов руху дорогами з типовим твердим покриттям. Одержані здобувачем основні положення мають всі ознаки наукової новизни, найбільш вагомими з яких є:

- вперше опрацьовано методику суміщення характеристик ресор та пневмоелемента пневморесорної підвіски з умов забезпечення кращої плавності руху для типового мікропрофілю автодоріг з твердим покриттям;

- вперше сформовано гранично допустимі (порогові) значення вертикальних віброприскорень для пасажирів залежно від частоти коливань та

тривалості дії з розмежуванням щодо міського, приміського (місцевого) та міжміського сполучень та опосередкованих значень тривалості поїздки, що гармонізовані з нормами міжнародного стандарту ISO 2631-1;

- вдосконалено та реалізовано в програмному середовищі MATLAB Simulink математичну модель динаміки коливань автобуса стосовно вертикальних прискорень, що діють на пасажирів, які сидять та стоять у різних місцях салону, у взаємозв'язку з характеристиками підвіски, шин, сидінь та умовами руху, яка, на відміну від існуючих, дозволяє проводити імітаційні дослідження з урахуванням типового мікропрофілю дорожнього покриття;

- вдосконалено та отримано кількісну оцінку впливу типу і характеристик підвіски та пасажирських сидінь автобуса на показники плавності руху, комфортності перевезень та опрацьовано методи параметричної оптимізації підвіски і сидінь для автобусів різних класів.

Значення отриманих результатів для теорії і практики.

Проведені на конкретних моделях автобусів дослідження дозволили:

- сформулювати проект національного стандарту – ДСТУ «Колісні транспортні засоби. Плавність руху. Методи проведення випробувань і оцінка вібронавантажень/комфортності пасажирських перевезень» з кількісною оцінкою вимог для різних класів автобусів у рамках загальних рекомендацій ISO щодо допустимих рівнів і тривалості дії вібрацій на організм людини;

- опрацювати методичку оптимізаційного розрахунку необхідних характеристик і конструктивних параметрів підвіски та сидінь автобусів різних класів цільового призначення з умов забезпечення необхідного рівня плавності/комфортності руху.

Опрацьовані в даній роботі методики і результати прийняті та використовуються у дослідно-конструкторських роботах ВАТ «Укравтобуспром» (зокрема автобусів ТУР А407, А303, А097) та практиці дорожніх випробувань ТОВ «Укравтотест».

Повнота викладення наукових положень та отриманих результатів в опублікованих працях.

Матеріали дисертаційної роботи опубліковано у 15 наукових працях, у тому числі 4 статті у фахових виданнях МОН України, 1 стаття у виданні, яке включено до міжнародної наукометричної бази даних Scopus, 2 статті у

закордонному виданні, а також в 9 тезах доповідей на всеукраїнських і міжнародних конференціях.

Основні положення дисертації були представлені та отримали позитивну оцінку на 9-х міжнародних та 2-х всеукраїнських науково-технічних конференціях та симпозіумах.

Структура та обсяг дисертації.

Робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 146 сторінки, включаючи 133 сторінок основного тексту, 13 таблиць, 56 рисунків, та 2 додатків.

Анотування повністю відповідає змісту дисертаційної роботи. Всі основні положення та висновки, що містяться в дисертації відображені в анотуванні. Дисертація і анотування оформлені відповідно до вимог Міністерства освіти і науки України.

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

У **першому розділі** проведено огляд та аналіз відомих вітчизняних та зарубіжних досліджень у сфері плавності руху (вібронавантажень) автотранспортних засобів.

Виконано також порівняльний аналіз формування та розвитку відповідної нормативної бази, починаючи з 1960-х рр., в т.ч. і колишнього СРСР та міжнародної системи дозвільних стандартів ISO (прийняті щодо загального впливу коливань та вібрацій на організм людини).

Встановлено значимість коливального комфорту автомобіля під час руху (як основа піраміди комфортності конструкції), насамперед в ЄС та США, а також практичну відсутність обов'язкових при сертифікації автомобілів законодавчих норм у цій сфері в Україні. При цьому зазначено, що існує відчутно вищі коливання висот мікропрофілю автодоріг, в т.ч. за державними будівельними нормами ДБН у порівнянні, наприклад, до стандартів DIN чи PLN.

На підставі розгляду та аналізу ситуації у цій сфері в закордонному автомобілебудуванні та фактичного регресу у національній базі були сформовані основні завдання дослідження.

У **другому розділі** створено математичну модель залежності коливань функціональних елементів автобуса від нерівностей мікропрофілю дороги під час руху. Детально опрацьовано просторову модель (на прикладі найбільш складної конструкції – тривісного автобуса. Враховуючи те, що в існуючій закордонній нормативній базі (з умов симетричного розподілу навантажень) увага зосереджується на лівому борту кузова автобуса, а також практичну цілеспрямованість досліджень для проектних робіт на етапі конструктивного синтезу необхідних характеристик і параметрів підвіски та сидінь, в основу дисертаційного дослідження покладено використання двовимірної моделі.

Окремим завданням було визначення еквівалентного центру маси кузова автобуса (підресорених мас), що формується як самою металоконструкцією кузова, так і забудовою систем і агрегатів та розміщенням і кількістю пасажирів. В сучасному процесі проектування автобуса дані параметри можна визначити з 3D моделі, використавши засоби САПР і задавши відповідні масові характеристики матеріалів.

Ще один важливий аспект, якому надано в дисертації належну увагу, є моделювання вхідних збурень від мікропрофілю дорожнього покриття.

У **третьому розділі** опрацьована реалізація математичної моделі віброколивань автобуса у програмному середовищі MATLAB Simulink та проведено дослідження взаємозв'язку вібронавантажень водія та пасажирів (слід зазначити - у різних місцях салону) залежно від заданих пружно-демпфуючих характеристик підвіски та сидінь на прикладі конкретної моделі автобуса середнього класу ТУР А407 II та III класів з двома типами підвіски (які надалі були предметом експериментальних досліджень). На основі диференційних рівнянь, описаних в другому розділі, було побудовано імітаційну модель за допомогою стандартних блоків MATLAB. Задавши відповідні геометричні параметри та параметри мас автобуса, а також імітацію збурень від дорожнього покриття (відповідної категорії), проведено математичне моделювання. Результати цих досліджень зведені у таблиці та представлені на графіках. Важливим аспектом даних досліджень є можливість

відносно просто змінювати параметри математичної моделі. Таким чином можна порівняти як будуть змінюватись значення вібронавантажень на пасажирських сидіннях в різних точках автобуса в залежності від зміни мас, геометричних параметрів та параметрів жорсткості підвіски (в тому числі і характеристик самих сидінь).

У **четвертому розділі** представлена методика дорожніх випробувань, апаратура вимірювально-реєструючого комплексу та результати експериментальних досліджень середнього автобуса ТУР А407 з ресорною і двома різновидами пневмо-ресорної підвіски, а також основні положення та пропозиції щодо проекту ДСТУ про регламентацію вібронавантажень на пасажирів та водія автобусів міського, місцевого (приміського) та міжміського сполучення.

Значну практичну значимість має не тільки оцінка адекватності опрацьованої комп'ютерної імітаційної моделі, але і порівняльна оцінка класичної малолистової ресорної підвіски з двома варіантами пневмомеханічних задніх підвісок на відповідних модифікаціях однієї базової моделі автобуса ТУР А407 III класу.

Для зазначених досліджень спеціально було розроблено вимірювально-реєструючий комплекс з можливістю вимірювання параметрів коливань у п'яти точках (акселерометри GY521), підключення контролерів Arduino та ноутбука з подальшим опрацюванням частотного спектру записаних віброколивань за допомогою програмного забезпечення. Вимірювально-реєструючий комплекс в подальшому може бути використаним для дослідження плавності руху нових конструкцій автобусів на стадії дорожніх випробувань та сертифікації, а також у навчальному процесі при виконанні лабораторних робіт.

Експериментальні дослідження проведені на ділянках різних доріг, які є типовими згідно зазначених категорій. Результати досліджень зведені у таблиці та представлені на графіках. Як результат, сформульовано рекомендації, за якими готується проект сучасного стандарту щодо плавності руху автобусів.

Порівняльний аналіз отриманих результатів дозволив констатувати (на прикладі дороги II категорії) суттєве покращення комфортності руху в аспекті середньоквадратичних значень вертикальних віброприскорень при використанні пневмо-ресорних підвісок. У зоні передньої вісі (колісній базі)

різниця відчутно проявляється починаючи з частот 4 Гц і більше, що значним чином обумовлено однотипною для всіх трьох модифікацій автобуса ТУР А407 передньою ресорною підвіскою. Для зони задньої вісі (та особливо заднього звису кузова) різниця особливо відчутна.

Висновки результатів дисертаційного дослідження сформульовані логічно і послідовно, відповідають структурі дослідження, містять основні результати дисертаційних досліджень, викладені достатньо повно та відображають реалізацію поставлених завдань.

Дисертаційна робота має логічну структуру. Методологія дисертації сучасна: використані математичні методи, імітаційне моделювання, експериментальна перевірка основних положень, оцінювання теоретичних та експериментальних результатів. Робота написана чіткою технічною мовою.

Дискусійні положення та зауваження до дисертації та автореферату.

Оцінюючи зміст представленої до захисту дисертаційної роботи Бур'яна Михайла Володимировича, обґрунтованість висновків та рекомендацій є потреба зробити коментарі та звернути увагу на дискусійні, з мого погляду, наукові положення дисертаційної роботи, що можуть бути предметом дискусії під час захисту, а саме:

1. В роботі недостатньо уваги приділено узагальненню опрацьованої методики досліджень для різних класів автобусів та різних пружно-демпфуючих характеристик сидінь (розділ 1).

2. Обґрунтовано, доведено доцільність, але не зведено до остаточних рекомендацій щодо рівня порогових, граничних віброколивних навантажень пасажирів за запропонованим розмежуванням щодо міських, приміських, міжміських автобусів (розділ 2);

3. Мало уваги приділено віброколивній навантаженості пасажирів, які стоять у салоні під час руху автобуса (міські та приміські перевезення) (розділ 3).

4. Недостатньо уваги приділено аналізу і формуванню гранично допустимих значень віброколивних навантажень при цілком обґрунтованій

пропозиції оцінки проїзду через типову перешкоду (лежачого поліцейського) (розділ 3).

5. У розділі 4 йдеться про створений вимірювально-реєструючий комплекс, зокрема про датчики вібрацій, які встановлювались на подушки та спинки сидінь автобусів, але не приведено технічних характеристик цих датчиків.

6. Не чітко позначені параметри та їх чисельні значення на шкалах графіків, що зображені на рисунках 3.11-3.22, що ускладнює їх зчитування.

Наведені зауваження по роботі в цілому носять рекомендаційний характер щодо доцільності проведення в майбутньому додаткових досліджень за напрямом, що розглядається, та не ставлять під сумнів вихідні наукові положення та результати дослідження, які апробовані та впроваджені.

Загальний висновок.

Дисертаційна робота Бур'яна Михайла Володимировича на тему «Плавність руху автобусів у взаємозв'язку з характеристиками підвіски та сидінь» є самостійно виконаною, завершеною науково-дослідною працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують конкретну науково-прикладну задачу підвищення комфортності пасажирських перевезень автобусів громадського транспорту з регламентування рівня вібронавантажень, що діють на пасажирів у залежності від класу призначення автобуса і статистичного узагальнення середньої тривалості поїздок.

Дисертація Бур'яна М.В. за змістом, актуальністю, науковим рівнем, якістю теоретичних, експериментально-дослідницьких та методичних розробок відповідає рівню дисертацій на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук. Вибрану тему дисертаційної роботи необхідним чином розкрито; поставлену мету досягнуто; завдання дисертаційної роботи виконано. Тема дисертації відповідає спеціальності 05.22.02 – автомобілі та трактори. Автореферат дисертації розкриває основні її положення та висновки, є ідентичним дисертації за структурою і змістом та не містить інформації, що є відсутньою у дисертаційній роботі.

Дисертація за своїм змістом відповідає п. п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету міністрів України від 24.07.2013 р. № 567, а її автор Бур'ян Михайло Володимирович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.02 – автомобілі та трактори.

Офіційний опонент
професор кафедри автомобілів
Національного транспортного університету,
кандидат технічних наук, доцент

В.М. Поляков

