

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію Рубана Дмитра Петровича
на тему «**Науково-прикладні основи прогностичної оцінки та формування
ресурсу кузовів автобусів**», яка подана на здобуття наукового ступеня доктора
технічних наук за спеціальністю
05.22.02 – автомобілі та трактори

1 Актуальність обраної теми та відповідність спеціальності 05.22.02 – автомобілі та трактори

Дисертація спрямована на опрацювання методів забезпечення необхідного рівня характеристик міцності каркасів кузовів з умов впливу корозії і втомної міцності під час експлуатації ще на стадії проектування і виробництва автобусів та опрацювання методів технічного контролю відповідності кузова під час експлуатації нормативним вимогам пасивної безпеки, оскільки базовим елементом автобуса є його кузов. Як показує реальна експлуатація, властивості елементів каркасу кузова унаслідок корозії та втомної міцності змінюється, що призводить до невідповідності автобуса вимогам пасивної безпеки згідно Правил ЄЕК ООН № 66. Під час регулярних технічних контролів автобусів у європейських країнах обов'язково враховуються вимоги відносно наявності корозії та втомних тріщин, які вказують на заборону подальшої експлуатації та при суттєвих недоліках передбачають навіть утилізацію автобуса. Однак, такі вимоги відсутні у нормативній базі України (ДСТУ 3649: 2010) та інших країнах колишньої СНД. Згідно Закону України № 8048-IV від 20.02.2000 р. проектування кузовів автобусів і сертифікаційні випробування більше двадцяти років здійснюються з умов відповідності вимогам пасивної безпеки. Під час такої оцінки визначається допустимий рівень деформації кузова після перекидання на бік (Правила ЄЕК ООН № 66), або статичному навантаженні на дах автобуса категорії М2 (Правила ЄЕК ООН № 52). Важливим у роботі є те, що враховано погіршення фізико-механічних властивостей структури каркасу кузова у процесі експлуатації під дією корозії і втомної міцності металу. Тому через певний термін експлуатації кузов уже не буде відповідати нормативним вимогам Правил ЄЕК ООН № 66, № 52. Крім цього актуальність роботи обумовлюється приєднанням України до Гаазької конвенції про дорожній рух та розвитком системи обов'язкового періодичного технічного контролю, як умови допуску до експлуатації на наступний період часу. В Україні існуюча законодавча база (ДСТУ 3649:2010 та інші) ще не передбачають конкретних критеріїв кількісної, порогової оцінки вагомих характеристик кузова автобуса як умови відповідності та прогнозування допуску до подальшої експлуатації.

За своїм спрямуванням дисертація Рубана Д.П. відповідає спеціальності 05.22.02 – автомобілі та трактори.

2 Ступінь обґрунтованості, повнота і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації забезпечено належною кількістю досліджень із використанням сучасних приладів, прогресивних методик та вискоефективних засобів комп'ютерного моделювання. Достовірність і обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації підтверджується також їх успішним впровадженням у виробництво на автобусобудівних підприємствах та організаціях України, що експлуатують автобуси, а також впроваджено в навчальний процес підготовки бакалаврів, магістрів за напрямками: 274 «Автомобільний транспорт» та 133 «Галузеве машинобудування» у Львівському національному університеті природокористування.

У першому розділі дисертації виконано аналітичні дослідження літературних джерел стосовно визначення довговічності та раціональних термінів експлуатації автобусів і автомобілів, у т. ч. з умов безпеки руху. Встановлено, що фактично відсутні дослідження по визначенні ресурсу автобусів, які одночасно поєднували б вагомні чинники впливу: властивості дорожнього покриття, завантаження пасажирами, швидкість руху автобуса та корозію. Показано, що автобусний парк України за середнім терміном експлуатації автобусів є найстарішим у Європі та перевищує рекомендаційні регламенти цих країн. Встановлено, що при таких термінах експлуатації автобуси можуть не відповідати вимогам Правил № 66 та № 107 ЄЕК ООН, що пояснюється деградацією матеріалу елементів каркасу кузова та супроводжується постійним зростанням експлуатаційних витрат. Визначено, що при термінах експлуатації від п'яти років значна частка автобусів потребує постановки на ремонт кузова, які в основному проводяться без дотримання заводських технологій виготовлення та спеціального оснащення. Така ремонтна практика негативно впливає відповідність Правилам № 66 та № 107 ЄЕК ООН.

У другому розділі дисертації було визначено динаміку експлуатаційних витрат у функції часу, яка показує що стрімке зростання витрат настає при термінах експлуатації понад вісім років. Встановлено, що основною складовою, яка обмежує ресурс автобуса є його кузов. Тому його несправність потребує безвідкладного відновлювального ремонту. Підтверджено, що автобуси без візуальних пошкоджень продовжують експлуатацію не дивлячись на те, що характеристики матеріалу каркасу в процесі деградації уже не забезпечують належну міцність кузова. Відповідно при термінах експлуатації понад п'ять років автобус потребує відновлювального ремонту, оскільки елементи каркасу кузова пошкоджені під дією структурної корозії та втомного руйнування. Опрацьовано дані з реальної практики експлуатації автобусів за існуючою системою поточних та відновлювальних ремонтів автобусів. Встановлено, що в основному автобуси ремонтуються силами автотранспортних підприємств з мінімальними капіталовкладеннями. В результаті чого ресурс автобуса може

збільшитись лише на 3–4 роки, що можна було б реалізувати на етапі проєктування. Доведено, що експлуатуючі організації, в основному, не проводять додатковий антикорозійний захист кузова, тому кузов починає інтенсивно кородувати через два роки експлуатації. Ресурс кузова можна підвищити своєчасним оновленням антикорозійного захисту, або вдосконаленням технологій антикорозійного захисту кузова автобуса та впровадженням нових матеріалів ще на етапі його проєктування. Встановлено, що для раціонального вдосконалення технологій антикорозійного захисту кузова автобуса та впровадження нових матеріалів виникла необхідність у розробці методологій, що дозволять спрогнозувати ресурс кузова ще на етапі проєктування. Також враховуючи суттєві пошкодження кузовів автобусів під дією корозії та втратної міцності припущено, що може наступити момент невідповідності автобуса щодо вимог Правил ЄЕК ООН № 66. Тому в другому розділі показано, що виникає необхідність у розробці методів по перевірці автобуса на відповідність правилам пасивної безпеки ЄЕК ООН № 66 під час експлуатації автобуса.

У третьому розділі дисертації представлено методологію прогностичної оцінки довговічності кузовів автобусів несівної конструкції та на рамному шасі з використанням імітаційного комп'ютерного моделювання та її реалізацію. В основу структури комп'ютерного моделювання-розрахунку покладено суміщення навантажень у критичних вузлах несівної основи кузова від нерівностей дороги і пасажиронаповнення салону, що призводить з часом до погіршення характеристик міцності труб каркасу і під впливом корозії. Алгоритм оцінки базується на комбінації розрахунку напружень у критичних вузлах основи з формуванням навантажень від нерівностей дороги через передатні функції шин та підвіски на базі методів спектрального аналізу і зміни з часом фізико-механічних характеристик вузлових з'єднань і лонжеронів основи під впливом корозії.

На основі розробленої методології проведено моделювання параметрів довговічності автобуса в обраних умовах і встановлено, що на ресурс кузова автобуса суттєво впливають пробої підвісок автобуса, при справній підвісці та при русі по дорогах низької якості та постійних перевантаженнях. Мінімальний пробіг до руйнування лонжеронів каркасу основи кузова автобуса склав біля 60 тис. км при півторакратному перевантаженні пасажирями та русі автобуса по бруківці низької якості. Максимальний пробіг до руйнування лонжеронів каркасу основи кузова автобуса склав 1 млн. 300 тис. км при перевезенні тільки пасажирів, що сидять, та русі автобуса по дорозі високої якості з асфальтобетонним покриттям.

Отримані результати дозволять науковцям та інженерам-конструкторам виконувати поглиблене дослідження даної проблеми суміщенням різних факторів руйнування: циклічних знакозмінних навантажень на елементи каркасу кузова при змінних швидкостях руху автобуса та протіканням атмосферної і соляної корозії.

Проведено оцінку довговічності кузова автобуса на рамному шасі використанням імітаційного комп'ютерного моделювання, яка лежить у межах від 5 до 11 років залежно від умов експлуатації. Встановлено, що рама має в 1,5–1,8 рази більшу довговічність, ніж сам каркас кузова.

Встановлено, що не зважаючи на закладений запас міцності при проектуванні кузова рівний 1,7, в результаті експлуатації по дорогам низької якості з постійними перевантаженнями та із підвищеними швидкостями по цих дорогах неминуча поява тріщин каркасу кузова. Як показує досвід експлуатації, руйнування елементів каркасу кузова відбувається в основному в одних і тих же місцях. З метою виявлення кількості циклів при конкретному еквівалентному навантаженні проведено прогнозування довговічності лонжеронів каркасу основи автобуса експрес-методом в середовищі Solidworks у місцях, що пошкоджуються під час експлуатації автобусів.

Представлено розроблену методику оцінки відповідності конструкції кузова нормативним вимогам пасивної безпеки під час регулярних технічних контролів у процесі експлуатації, що дозволяє доповнити ДСТУ 3649: 2010 пунктами, які відповідають вимогам загальноєвропейської практики.

Згідно розробленої методики було проведено розрахунок міцності кузова автобуса під час експлуатації на відповідність вимогам Правил ЄЕК ООН № 66 із використанням імітаційного моделювання. За результатами проведеного імітаційного моделювання згідно Правил ЄЕК ООН № 66 стало відомо, що при погіршенні межі витривалості в 1,14 разів та межі текучості в 6,35 рази, деформація стійок восьмирічного автобуса збільшується в 2,21–3,81 рази. Тому такий автобус вже не відповідає Правилам ЄЕК ООН № 66.

У четвертому розділі дисертації представлено результати натурних досліджень оцінки довговічності та надійності автобусів у реальній експлуатації. Визначено зміни характеристик міцності труб каркасу кузова автобуса у процесі експлуатації. Встановлено, що у всіх зразках спостерігається погіршення механічних властивостей. Зменшення границі міцності σ_B всіх зразків на 7–68% пояснюється накопиченням втомних тріщин та піттингової корозії. Відповідно експлуатація кузова з таким погіршенням механічних властивостей недопустима, оскільки такі матеріали не забезпечують кузову відповідність вимогам пасивної безпеки згідно Правил ЄЕК ООН № 66, № 107.

Проведено дослідження, з використанням металографічного мікроскопа, структури матеріалу елементів каркасу кузова, які не мають зовнішніх ознак руйнування. Детальний огляд зразків під мікроскопом показав, що зовні цілі елементи каркасу кузова вже мають осередки втомного руйнування. Тому такий автобус не буде забезпечувати належну пасивну безпеку згідно Правил ЄЕК ООН № 66. Доведено, що для якісного повноцінного ремонту доцільною буде заміна всіх елементів кузова нижче віконних брусів із застосуванням сучасних технологій антикорозійного захисту та полімерних матеріалів.

Під час дорожніх випробувань було отримано часові діаграми зміни

деформацій в досліджуваному перерізі каркасу основи, які підтвердили адекватність розробленої моделі по визначенню довговічності кузова автобуса.

Враховуючи досвід експлуатації автобусів, було доведено, що проведення відновлювальних ремонтів власними силами автотранспортного підприємства, або подібних ремонтних організацій не забезпечить належну довговічність та відповідність кузова автобуса вимогам пасивній безпеки згідно Правил ЄЕК ООН № 66 по причині відсутності методів контролю елементів, що не мають візуальних пошкоджень. Тому для підвищення ефективності відновлювальних ремонтів запропоновано їх проводити із максимальним наближенням технології відновлювального ремонту до заводської технології виготовлення та згідно вимог запропонованих здобувачем.

Доведено, що більш раціональним у випадку передчасного корозійно-втомного зносу кузова при наявному ще залишковому ресурсі базових агрегатів шасі є повнокомплектна заміна кузова у заводських умовах виробника, що в цілому на 25–35% є дорожчою відновлювального повного ремонту. При цьому отримується окрім повної відповідності вимогам пасивної безпеки також і оновлення року випуску автобуса при перереєстрації заміни кузова у ТСЦ МВС під новий VIN-код кузова.

У п'ятому розділі дисертації розроблено методичні основи забезпечення необхідної довговічності автобусних кузовів, які забезпечують рівномірність і довговічність кузова під час конкретних умов експлуатації ще на етапі проектування, передбачають застосування технологічних засад забезпечення довговічності кузовів в процесі виробництва та регламентують своєчасний антикорозійний захист під час експлуатації. При цьому було здійснено аналіз засобів антикорозійної обробки, існуючі автомобільні матеріали, а також інших областей застосування. Запропоновано методи приклеювання зовнішніх панелей облицювання кузова, у тому числі із неавтомобільних полімерних матеріалів, та обґрунтовано раціональні варіанти застосування, що дозволяє суттєво підвищити корозійну стійкість кузова в експлуатації. Питання клеєвих технологій облицювання є новими для кузовобудування і практично не досліджувались та не використовувались у вітчизняному автобусобудуванні, зрештою як і у країнах СНД та більшості виробників автобусів у ЄС.

Для перевірки матеріалів щодо їх адгезійних властивостей для подальшого впровадження у виробництво було використано методи натурального експерименту на розривній машині у лабораторних умовах згідно стандарту ISO 4587. Провівши ряд випробувань отримано результати, що підтверджують застосування приклеювання бічних панелей при когезійному розриві понад 95%.

Здобувачем запропоновано три можливих варіанти вдосконалення технологій виготовлення кузовів автобусів в аспекті корозії і довговічності, із

використанням сучасних прогресивних матеріалів. При першому варіанті приварюються бічні панелі з двостороннім покриттям цинку, а у місцях зварювання каркасу кузова покривається струмопровідним ґрунтом. Другий варіант більш досконалий та на відміну від першого, тут вже приклеюються бічні панелі клеєм Sicaflex – 265 з попереднім нанесенням Sica Aktivator-100, а також приклеюються всі нерухомі стекла вікон. Третій варіант забезпечить найбільшу довговічність кузова автобуса (до двадцяти років), оскільки приклеюються бічні панелі з полімерного матеріалу Алюкобонд. Перехід на нові клеєві технології облицювання кузова з композитних корозійностійких матеріалів взамін сталевого листа, дозволяє у 2,5–3 рази скоротити сумарну протяжність зварних швів. Скорочення кількості зварних швів зменшує кількість локальних основ появи корозії та погіршення фізико-механічних характеристик конструкції кузова. Таке рішення додатково підвищує корозійну стійкість кузова автобуса. У поєднанні із запропонованим заводським захистом кузова від корозії наступним етапом життєвого циклу автобуса буде належне обслуговування та періодичне оновлення антикорозійного захисту автобуса, що дозволить сформувати максимальний ресурс автобуса.

У шостому розділі сформовано раціональні терміни експлуатації автобусів в умовах України з урахуванням оцінки необхідних програм оновлення парку автобусів громадського транспорту та державного регулювання оновлення парку з умов безпеки руху і екології. Раціональні терміни експлуатації автобусів громадського транспорту в Україні з умов мінімізації загальних витрат при існуючих технологіях кузовного виробництва та фактичної відсутності періодичного оновлення антикорозійного захисту під час експлуатації обґрунтовано таким чином, що при належному обслуговуванні термін експлуатації автобуса до списання у середньому складає 8–10 років. При формуванні ресурсу кузова на стадії проектування можна досягнути терміну експлуатації автобуса до двадцяти років при виготовленні кузова згідно прогресивних технологій, з використанням сучасних полімерних корозійностійких матеріалів, дотриманням технологій виготовлення, належного технічного обслуговування, своєчасного оновлення антикорозійного покриття та дотримання правил перевезень пасажирів по дорогах I–II категоріям згідно ДБН В.2.3-4: 2015.

Під час роботи здобувача у галузі, на основі досвіду вітчизняних автобусних підприємств-перевізників (особливо детально у містах: Київ, Харків, Львів, Мукачеве, Черкаси та інші, що охоплюють практично всі умови експлуатації автобусів), а також у співпраці з АТ «Черкаський автобус» та ВАТ

«Укравтобуспром» розроблено пропозиції щодо вдосконалення технічного контролю та допуску до експлуатації. Встановлено, що доцільним буде доопрацювання таблиці додатку 5 «Обсяги перевірки технічного стану транспортного засобу та коди оцінки його невідповідності» Порядку проведення обов'язкового технічного контролю та обсягів перевірки технічного стану транспортних засобів. Здобувачем запропоновано ввести чотири категорії придатності до експлуатації. Тому слід внести додатковий пункт (код 905.070) для контролю зменшення товщини стінок труб лонжеронів каркасу основи або рами (за наявності) при терміні експлуатації понад п'ять років.

Пропозиції по проведенню обов'язкового технічного контролю дозволять підвищити безпеку перевезень пасажирів та стимулюватимуть оновлення автобусного парку. Це, в свою чергу підвищить попит на нові автобуси та відповідно поліпшить екологічну ситуацію в Україні.

3 Наукова новизна отриманих результатів

До основних наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

1. Уперше запропоновано метод прогностичного розрахунку ресурсу кузова автобуса під час експлуатації з урахуванням умов руху та впливу корозії і втомної міцності з дотриманням нормативних вимог пасивної безпеки, що дозволяє ще на етапі проєктування і формування технологій виробництва реалізувати відповідні конструкції та забезпечити пасивну безпеку пасажирських перевезень.

2. Уперше запропоновано методику оцінки відповідності конструкції кузова нормативним вимогам пасивної безпеки під час регулярних технічних контролів у процесі експлуатації та відповідні пропозиції доповнення-зміни до ДСТУ 3649: 2010 (аналогічно до загальноєвропейської практики).

3. Уперше опрацьовано практичні рекомендації щодо проєктування кузовів автобусів в аспекті конструкційних матеріалів та технологій кузовного виробництва у взаємозв'язку з певними умовами експлуатації і необхідним безпечним ресурсом кузова з врахуванням процесів корозії і втомної міцності каркасу.

4. Уперше дана кількісна оцінка впливу типу і стану автодоріг для різних класів автобусів та формування втомної міцності каркасу кузова та, відповідно, безпечний ресурс відповідно до вимог нормативної бази (Правил ЄЕК ООН № 66).

5. Набула подальшого розвитку методика моделювання-розрахунку напружено-деформованого стану кузова на базі методу скінчених елементів з

урахуванням впливу корозії і втомної міцності металу каркасу та оцінка відповідності нормативним вимогам пасивної безпеки.

4 Практичне значення результатів роботи

1. Методика прогностичного розрахунку ресурсу кузова автобуса під час експлуатації з урахуванням умов руху та впливу корозії і втомної міцності з дотриманням нормативних вимог пасивної безпеки, що дозволяє ще на етапі проектування і формування технологій виробництва реалізувати відповідні конструкції та забезпечити безпеку пасажирських перевезень.

2. Рекомендації щодо проектування кузовів автобусів в аспекті конструкційних матеріалів та технологій кузовного виробництва у взаємозв'язку з певними умовами експлуатації і необхідним безпечним ресурсом кузова з врахуванням процесів корозії і втомної міцності каркасу.

3. Кількісна оцінка впливу типу і стану автодоріг для різних класів автобусів та формування втомної міцності каркасу кузова та, відповідно, безпечний ресурс відповідно до вимог Правил ЄЕК ООН № 66;

4. Методика оцінки відповідності конструкції кузова нормативним вимогам пасивної безпеки під час регулярних технічних контролів у процесі експлуатації та відповідні пропозиції доповнення-зміни до ДСТУ 3649: 2010.

5. Методика моделювання-розрахунку напружено-деформованого стану кузова на базі методу скінченних елементів з урахуванням впливу корозії і втомної міцності металу каркасу та оцінка відповідності нормативним вимогам пасивної безпеки;

6. Рекомендації по підвищенню довговічності кузовів автобусів під час експлуатації.

7. Технологія оновлення антикорозійного захисту кузовів автобусів з використанням сучасних прогресивних методів та засобів обробки.

8. Результати дисертаційної роботи успішно апробовано та впроваджено на підприємствах України (ВАТ «Український інститут автобусо-тролейбусобудування», АТ «Черкаський автобус», ПрАТ «ІСУЗУ-АТАМАН УКРАЇНА», ТОВ «Пересувна механізована колона № 92»).

9. Отримані результати досліджень впроваджено в навчальний процес Львівського національного університету природокористування при підготовці бакалаврів та магістрів за напрямками: 274 «Автомобільний транспорт» та 133 «Галузеве машинобудування».

5 Повнота викладення та апробації основних результатів дисертації у наукових публікаціях та доповідях

Основні наукові положення і результати дисертаційної роботи були опубліковані в 46 наукових працях, у тому числі: 1 монографія (у закордонному виданні), 22 публікації у наукових фахових виданнях України та інших держав (з них 11 публікацій, що включені до міжнародних наукометричних баз, у тому числі 5 публікацій у виданнях, що індексується у Scopus); 23 тези у збірниках доповідей наукових конференцій.

Зазначена кількість та якість публікацій дають підставу вважати, що наукові положення, висновки та рекомендації, які отримані у дисертації, повністю висвітлені у відповідності до вимог МОНУ, що висуваються до докторських дисертацій. Зміст реферату ідентичний за змістом із основними положеннями дисертації та відображає основні наукові й практичні результати роботи.

6 Рекомендації по використанню результатів дисертації

Наукові та практичні результати дисертаційної роботи вже успішно апробовано та впроваджено на підприємствах України (ВАТ «Український інститут автобусо-тролейбусобудування», АТ «Черкаський автобус», ПрАТ «ІСУЗУ-АТАМАН УКРАЇНА», ТОВ «Пересувна механізована колона № 92»).

Теоретичні положення дисертації рекомендуються до використання у вищій школі у навчальному процесі підготовки бакалаврів та магістрів.

7 Зауваження до дисертації

1. В дисертаційній роботі мало уваги приділено безпосередньо безпеці руху автобусів на дорогах у транспортних потоках сучасних міст. Доцільно було б враховувати й інші правила, крім Правил ЄЕК ООН № 66 та 107, щодо безпеки перевезення пасажирів у поєднанні із безпекою інших учасників дорожнього руху.

2. Судячи із наукових публікацій та результатів викладених у дисертації та рефераті дисертаційні дослідження проводяться принаймні з 2015 року, в тому числі робота була виконана на одному із провідних підприємств по виробництву автобусів АТ «Черкаський автобус». Тому в роботі доцільно було б відобразити результати щодо формування ресурсу кузовів автобусів на основі експлуатації автобусів з впровадженими технологіями у виробництво.

3. В роботі розглянуті пропозиції щодо формування ресурсу кузовів автобусів, враховуючи особливості експлуатації в Україні. Разом з тим в Німеччині виникла потреба у забезпеченні ресурсу автобуса до 20 років. Однак в роботі немає обґрунтування заходів по формуванні ресурсу кузовів автобусів на території іноземних держав.

8 Загальні висновки

Дисертація Рубана Дмитра Петровича «Науково-прикладні основи прогностичної оцінки та формування ресурсу кузовів автобусів» є завершеною науковою роботою, яка розв'язує важливу науково-прикладну проблему прогностичної оцінки та формування ресурсу кузовів автобусів на етапі проектування.

Дисертація Рубана Дмитра Петровича відповідає паспорту спеціальності 05.22.02 – автомобілі та трактори, не містить академічного плагіату та задовольняє вимоги, які ставляться до робіт на здобуття наукового ступеня доктора наук, п. 7 та 9 Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 року № 1197. Таким чином вважаю, що Рубан Дмитро Петрович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.02 –автомобілі та трактори.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор,
професор кафедри автомобілів
ім. А. Б. Гредескула Харківського
національного автомобільно-
дорожнього університету



Олексій САРАЄВ

