

АВТОШЛЯХОВИК України

— 3'2025 —

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО НАТУРНИХ
ВИПРОБУВАНЬ МОСТІВ.
ДОСВІД УКРАЇНИ ТА СВІТОВА ПРАКТИКА

ЗМІСТ

Лагунін М. С., Новікова А. М., Симоненко Р. В.

Інституційні зміни з впровадження законодавства ЄС із питань доступу
на ринок автомобільних перевезень на прикладі досвіду Польщі 2

Варюхно С. Г., Михайлова М. Є., Сосіда В. В., Іванов В. І.

Аналіз стану безпеки дорожнього руху в Україні в контексті реалізації
стратегії підвищення рівня безпеки дорожнього руху 9

Бруннер Х., Лірс Х., Макаров В. А., Макарова Т. В.

До необхідності та можливості зниження аварійності на
автомобільних дорогах регіону України 17

Онищенко А. М., Завгородній С. С.

Сучасні підходи до натурних випробувань мостів.
Досвід України та світова практика 26

Зелінський Є. М., Лапшин Ю. А., Лич В. О.

Оновлена версія стандарту ДСТУ 7013:2024 «Автобуси спеціалізовані
для перевезення школярів. Технічні вимоги» 38

Матвійчук Д. М.

Вплив покращеної експлуатаційної надійності дизельних двигунів
на ефективність транспортних процесів 45

Федоров В. В., Філіпова Г. А., Босенко В. М.

Глушник шуму «Чорна дірка» як засіб поліпшення маскувальних
властивостей військового автомобіля КРАЗ-5233ВЕ «Спецназ» 45

Редагування: Бойко О. С., Копаниця І. В.

Макетування: Копаниця І. В.

Усі статті проходять двостороннє сліпе рецензування.

За достовірність фактів, цифр, точність імен і прізвищ відповідають автори статей,
за зміст рекламних матеріалів – рекламодавці.

Редакція не завжди поділяє погляди авторів публікацій.

Мови видання: українська та англійська

Усі права захищені. Передрук матеріалів можливий лише з дозволу редакції.

Видавець: ДП "ДержавтотрансНДІпроект", 03113, Київ, просп. Берестейський, 57,
к. 1009 (редакція), e-mail: ikopanytsya@insat.org.ua

Укомплектовано 27.10.2025



© М. С. Лагунін, Голова Державної служби України з безпеки на транспорті, e-mail: n.lagunin@gmail.com;
© А. М. Новікова, докт. екон. наук, помічник заст. директора з наукової роботи, e-mail: anovikova@insat.org.ua, ORCID: 0000-0002-7165-8673;
© Р. В. Симоненко, докт. техн. наук, e-mail: rsymonenko@insat.org.ua, ORCID: 0000-0002-4269-5707
(ДП «ДержавтотрансНДІпроект»)

© Mykyta Lagunin, Head of the State Service of Ukraine for Transport Safety, e-mail: n.lagunin@gmail.com;
© Alla Novikova, Doctor of Economics (D.Sc.), Head of the Research Center of Complex Transport Problems, e-mail: anovikova@insat.org.ua, ORCID: 0000-0002-7165-8673;
© Roman Symonenko, Doctor of Technics (D.Sc.), e-mail: rsymonenko@insat.org.ua, ORCID: 0000-0002-4269-5707
(SE «State Road Transport Research Institute»)

ІНСТИТУЦІЙНІ ЗМІНИ З ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАКОНОДАВСТВА ЄС ІЗ ПИТАНЬ ДОСТУПУ НА РИНОК АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ПРИКЛАДІ ДОСВІДУ ПОЛЬЩІ

INSTITUTIONAL CHANGES IN THE IMPLEMENTATION EU LEGISLATION ON ACCESS TO THE ROAD TRANSPORT MARKET ON THE EXAMPLE OF THE POLAND EXPERIENCE

Анотація. Викладено досвід Республіки Польща щодо регулювання ринку автомобільних перевезень згідно з Регламентом (ЄС) № 1071/2009 Європейського парламенту та Ради від 21 жовтня 2009 року про встановлення спільних правил стосовно умов, яких потрібно дотримуватись для заняття діяльністю оператора автомобільних перевезень і про припинення дії Директиви Ради 96/26/ЄС.

Досліджено, як Польща впровадила вимоги бездоганної ділової репутації, фінансового стану перевізника та професійної компетентності менеджера з перевезень. Визначені функції центральних та місцевих органів виконавчої влади з регулювання внутрішніх та міжнародних автомобільних перевезень у Польщі.

Наведений порівняльний аналіз правового регулювання ринку автомобільних перевезень Польщі та України. Надані дискусійні питання та пропозиції щодо впровадження законодавства ЄС в умовах доступу на ринок автомобільних перевезень України.

Ключові слова: Європейський Союз, Польща, Україна, автомобільний транспорт, регламент, доступ на ринок, бездоганна ділова репутація, фінансовий стан, перевізник, менеджер із перевезень, свідоцтво професійної компетентності, електронний реєстр, Генеральний інспекторат, воєводства, повіти.

Abstract. The article describes the Republic Poland experience of regulation access to the road transport market in accordance with Regulation (EC) No 1071/2009 of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing common rules concerning the conditions to be complied with to pursue the occupation of road transport operator and repealing Council Directive 96/26/EC.

It is described how Poland have been implemented the requirements for the good reputе, the financial standing and the professional competence. The functions of Polish central and local executive bodies regulating domestic and international road transport are defined and the procedures for the loss of an good reputе are described.

A comparative analysis of the legal regulation of the road transport market in Poland and Ukraine is presented. Discussion questions and proposals regarding the implementation EU legislation concerning road transport market in Ukraine are provided.

Keywords: European Union, Poland, Ukraine, road transport, regulation, market access, good reputе, financial standing, carrier, transport manager, certificate of professional competence, electronic register, General Inspectorate, voivodships, counties.

Вступ

Вступ до Європейського Союзу вимагає повної імплементації законодавства ЄС. З цією метою 27 березня 2025 року прийнятий закон

України «Про внесення змін до Закону України «Про автомобільний транспорт» щодо вдосконалення регулювання ринку послуг з перевезення пасажирів та вантажів автомобільним

транспорт» за №4337-IX [1]. Цей закон імплементує Регламент (ЄС) №1071/2009 Європейського парламенту та Ради від 21 жовтня 2009 року про встановлення спільних правил стосовно умов, яких потрібно дотримуватись для заняття діяльністю оператора автомобільних перевезень і про припинення дії Директиви Ради 96/26/ЄС (далі – Регламент 1071/2009).

Регламенти (ЄС) 1071/2009, №1072/2009 та №1073/2009 є ключовими в регулюванні доступу на ринок автомобільних перевезень Євросоюзу [2-4]. Ці регламенти неодноразово доповнювалися, зокрема у 2020 році ЄС прийняв «Пакет мобільності», який охоплює Регламенти ЄС 2020/1054, 2020/1055, 2020/1057[5-7], у результаті чого у 2022 році вийшов консолідований Регламент 1071/2009.

За ініціативою Державної служби з безпеки на транспорті в межах технічної допомоги Європейського Союзу відбувся семінар TAIEХ «Експертна місія з ліцензування діяльності наземного транспорту». Його мета – презентувати досвід Польщі з регулювання діяльності автомобільного транспорту. Як відомо, ця країна успішно домінує на ринку вантажних автомобільних перевезень Євросоюзу. Досвідом впровадження Регламенту 1071/2009 ділилися представники Генеральної інспекції автомобільного транспорту Міністерства інфраструктури Польщі. Цей досвід є надзвичайно цікавим та корисним для розробки нормативно-правової бази в процесі підготовки України до вступу у Європейський Союз.

Основна частина

Стаття 3 Регламенту 1071/2009 визначає, що підприємства, залучені до діяльності оператора автомобільних перевезень, повинні мати:

- (а) місце заснування та функціонування на постійній основі у державі-члені;
- (б) бездоганну ділову репутацію;
- (с) відповідне фінансове положення;
- (д) необхідну професійну компетенцію [2].

Доступ до ринку автомобільних перевезень у Польщі має двоступеневу структуру: перевізник спочатку отримує дозвіл на заняття діяльністю автомобільних перевезень, а потім – ліцензію на відповідний вид перевезень. В Україні подібна система: спочатку створюють та реєструють підприємство (або ФОП)

Єдиному державному реєстрі юридичних осіб, фізичних осіб-підприємців та громадських формувань, а потім звертаються до Державної служби з безпеки на транспорті для отримання ліцензії на заняття діяльністю оператора автомобільних перевезень.

У Польщі ліцензують усі види вантажних перевезень. На міжнародні перевезення ліцензію ЄС видає генеральний інспекторат автомобільного транспорту Польщі, а на внутрішні перевезення – повітовий староста.

Нагадаємо, що в Україні внутрішні вантажні автомобільні перевезення виконують без ліцензії. Це суперечить європейській системі управління безпекою автомобільних перевезень адже Регламентом Комісії (ЄС) 2016/403 від 18 березня 2016 року про доповнення Регламенту (ЄС) № 1071/2009 Європейського Парламенту та Ради ЄС з урахуванням класифікації тяжких порушень правил ЄС, які можуть призвести до втрати бездоганної ділової репутації оператором автомобільних перевезень [10] прив'язана система штрафів та анулювання ліцензії за грубі порушення безпеки перевезень. До того ж, обсяг внутрішніх автомобільних перевезень суттєво перевищує міжнародний.

У Польщі налічується 16 воєводств, якими керують маршалки, та 380 повітів, якими керують старости. В країні пройшла реальна децентралізація управління, повітові старости видають дозвіл на право заняття господарською діяльністю, ліцензію на внутрішні автомобільні перевезення та водійські права. Свідоцтво про підвищення кваліфікації водія (Код 95) та Свідоцтво Договору з перевезення небезпечних вантажів (ДОПНВ) про підготовку водія з перевезення небезпечних вантажів видають керівники воєводств – маршалки.

Зареєструватись як підприємець можна двома способами: на місцевому рівні повітовий староста видає дозвіл на заняття підприємницькою діяльністю. Якщо необхідна ліцензія Співтовариства, то Генеральна інспекція Міністерства інфраструктури Польщі пропонує видати відразу два документи: дозвіл та ліцензію на міжнародні автомобільні перевезення.

Згідно із законодавством ЄС перевезення для власних потреб підприємства можна не ліцензувати. Під час розробки закону виникла дискусія – чи має ліцензуватися таке підприємство як «Нова пошта»? Чи поштові

перевезення здійснюють для власних потреб? Відповідь від Генерального інспекторату була така: «Щодо «Нової пошти» та поштових послуг див. ст. 33 Положення про транспортний договір, яке вказує, що автомобільні перевезення для власних потреб можуть здійснюватися після отримання довідки, яка підтверджує повідомлення підприємцем, що здійснює автомобільні перевезення як допоміжну діяльність по відношенню до основної діяльності. Зобов'язання отримати ліцензію, згадане у параграфі 1, не поширюється на автомобільні перевезення, які здійснюються у складі універсальних послуг поштового зв'язку.

Пункт 5 статті 1 Регламенту 1072/2009 Європейського парламенту та Ради від №1072/2009 від 21 жовтня 2009 року про спільні правила для доступу до міжнародного ринку вантажних автомобільних перевезень [3] визначає, що перевезення пошти як міжнародні послуги не вимагатимуть ліцензії Співтовариства і звільнятимуться від будь-якого засвідчення для здійснення перевезення.

Однак тут треба враховувати, чи власний рухомий склад використовує поштова компанія, чи ні. Якщо Укрпошта задіює виключно власний автопарк, то вона відповідає вимогам Регламенту 1072/2009 і їй не потрібно брати ліцензію. Якщо ж «Нова пошта» використовує інших перевізників для розвозки поштових відправлень, то ці найняті перевізники мають ліцензуватися.

Іншою вимогою Регламенту 1072/2009 є наявність копії ліцензії в кожному автомобілі. Однак в Україні видають ліцензії в електронному вигляді. Незважаючи на досягнення цифрової трансформації, українським перевізникам за кордоном рекомендовано мати всі документи згідно з вище зазначеними регламентами ЄС.

На термін від 5 до 10 років ліцензія коштує 8000 злотих (1740 євро) плюс копія ліцензії на кожний автомобіль – по 190 євро. Якщо ліцензія надається до 5 років, її вартість – удвічі менша 4000 злотих (870 євро) та 95 євро за кожну копію. Розгляд справи триває в середньому 9 робочих днів, але може займати і до 1-3 місяців.

Ринок автомобільних вантажних перевезень характеризується великою кількістю ліцензіатів. У Польщі 45 тис. автомобільних перевізників, у місяць видається близько 600

ліцензій та 5500 копій. На сьогодні Польщі не вистачає 100 тис. водіїв – ця проблема вирішується шляхом залучення громадян третіх країн. Для таких водіїв Генеральний інспекторат автомобільного транспорту Польщі видає Свідоцтво водія для автомобільних перевезень вантажів за наймом або за винагородою, які включені в ліцензію Співтовариства згідно з Регламентом 1072/2009, форма викладена у Додатку III.

Стаття 5 Регламенту (ЄС) 2020/1055 Європейського парламенту та Ради ЄС від 15 липня 2020 року про внесення змін до Регламентів (ЄС) No 1071/2009, (ЄС) No 1072/2009 та (ЄС) No 1024/2012 з метою їхньої адаптації до розвитку в секторі в автомобільного транспорту» містить детальні вимоги щодо офісу: «(а) мати приміщення, в яких воно може отримати доступ до оригіналів своїх основних ділових документів, будь то в електронній або будь-якій іншій формі, зокрема своїх транспортних контрактів, документів, що стосуються транспортних засобів, що перебувають у розпорядженні підприємства, бухгалтерських документів, документів з управління персоналом, трудові договори, документи соціального забезпечення, документи, що містять дані про відправлення вантажів та відрядження водіїв, документи, що містять дані, які стосуються каботажу, часу водіння та періодів відпочинку, та будь-який інший документ, до якого повинен мати доступ компетентний орган для перевірки відповідності підприємства з умовами, викладеними у цьому Регламенті» [5].

Регламент 2020/1055 містить пересторогу щодо заснування підприємства – «поштової скриньки». Що означає letter box? Це означає, що на практиці інколи реальною є лише поштова адреса, робочих місць менеджерів недостатньо, немає документів, мала площа офісу (мінімальна вимога – 2 квадратних метри на офісного працівника), не забезпечується збереження інформації, зокрема щодо праці та відпочинку водіїв, контролюючі органи не мають можливості провести перевірку підприємства. Договір на оренду офісу може бути укладений не на повний робочий час, а, наприклад, лише на 2 дні в тиждень. У Польщі є практика, коли на одну адресу офісу зареєстровані десятки автомобільних підприємств.

Виникає запитання – чи можна зареєструвати підприємство на домашню адресу? Багато перевізників починають свій бізнес із

купівлі одного автомобіля та домашньої реєстрації. Закон цього не забороняє, але плата за користування квартирою підвищується за розцінками оренди офісного приміщення.

Щодо вимог до доброї репутації, процедурно це питання вирішується досить легко: надається довідка про відсутність судимості власника компанії, менеджера з перевезень. Однак це питання лише на поверхні просте, оскільки був прийнятий Регламент Комісії (ЄС) 2016/403 від 18 березня 2016 року [9]. Категоризація порушень на тяжкі, істотно тяжкі та найтяжчі порушення, складання їхньої суми, що приходить на одного водія, визначає рівень ризику автомобільного підприємства. Рівень ризику автопідприємства контролює уповноважений орган із безпеки на транспорті, який зобов'язаний здійснювати перевірки підприємств із високим рівнем ризику. Більш детально це питання викладено у статті Новікової А. М. та Дегтяр З. О. [12].

Вимога щодо фінансової стійкості перевізника визначається згідно із Законом Польщі про фінансову звітність. Перевізник щороку до 1 травня подає звіт про річний баланс, підписаний керівником підприємства та головним бухгалтером. Розмір власного капіталу, задекларованого у річній фінансовій звітності, має відповідати вимогам: 9000 євро на перший автомобіль та 5000 євро на кожний наступний. Якщо експлуатуються виключно транспортні засоби масою від 2,5 до 3,5 тонн, ця вимога становить 1800 євро на перший автомобіль та 900 євро на кожний наступний. Тобто вартість автомобіля у власності перевізника вже покриває вимоги фінансової стійкості. У разі відсутності таких коштів перевізник може взяти банківську гарантію або страховий поліс професійної відповідальності (professional liability insurance).

Якщо кошти відсутні, в законі виписані повноваження інспекторату щодо перевірки. Для цього створений у Генеральному інспектораті Польщі відділ перевірки, який налічує 20 співробітників.

Підтвердження бездоганної ділової репутації проводиться завдяки поданню довідки з

національного судового реєстру про відсутність правопорушень керівника підприємства, членів правління та менеджера з перевезень. Сумнів про можливість покращення роботи підприємства викликає проведення перевірок підприємств.

Обмін інформацією щодо порушень законодавства перевізником чи водієм відбувається через систему ECRIS. Держателем реєстрів є Міністерство юстиції Польщі. Обмін інформацією між державами-членами ЄС відбувається згідно з Імплементативним Регламентом Комісії (ЄС) № 2016/480 від 1 квітня 2016 року про встановлення загальних вимог щодо взаємозв'язку між національними електронними реєстрами автотранспортних підприємств та припинення дії Регламенту (ЄС) № 1213/2010 [11]. За відсутність інформації про зміну даних держава накладає штраф на перевізника у розмірі 800 злотих (184 євро).

Регламент 1071/2009 передбачає, що менеджер може одночасно керувати чотирма автомобільними підприємствами з максимальною кількістю 50 автомобілів. Насправді у Польщі у 2023 р. налічувалося 170 менеджерів, що керували більше ніж 10 підприємствами, у багатьох із яких вони вже давно не працюють. Генеральний інспекторат автомобільного транспорту проводить перевірки та викриває таку практику, в результаті чого кількість «перевантажених десятком автопідприємств» менеджерів скоротилася до 130 у травні 2024 року.

Щодо отримання сертифікату менеджера з перевезень, то претендент може навчатися у будь-якому навчальному центрі або готуватися самостійно. Іспити проводить лише одна організація в країні – Інститут автомобільного транспорту Міністерства інфраструктури Польщі (Інститут транспорту самоходового) та видає свідоцтва професійної кваліфікації (СПК). Іноземні СПК нотифікуються перекладачем. Порівняльний аналіз регулювання ринку автомобільних перевезень у Польщі та Україні представлений у **табл. 1**.

Таблиця 1

**Порівняльний аналіз регулювання
ринку автомобільних перевезень у Польщі та Україні**

№	Показник	Польща	Україна
1	Ліцензування внутрішніх вантажних автомобільних перевезень	Є	Відсутнє

2	Термін дії ліцензії	5-10 років	Необмежений
3	Наявність копії ліцензії на борту КТЗ	Є	В електронному вигляді
4	Наявність свідоцтва водія-іноземця в ліцензії	Є (застосовується для водіїв третіх країн)	Немає
5	Вартість ліцензії	1760 євро – на 10 років 870 євро – на 5 років	Разова плата в розмірі одного прожиткового мінімуму станом на 2025 р. – 3028 грн (63 євро)
6	Вартість копії ліцензії	190 євро – на 10 років 95 євро – на 5 років	11 євро, в електронному вигляді безоплатно
7	Вимоги до офісного приміщення	Є	Немає
	Вимога бездоганної ділової репутації	Є	Вимога введена у 2025 р. законом №4337-ІХ
9	Вимога фінансового стану перевізника	9000 євро – на перший автомобіль 5000 євро – на кожний наступний 1800 євро – на перший автомобіль масою від 2,5 до 3,5 тонн 900 євро – на кожний наступний	Вимога введена у 2025 р. законом №4337-ІХ. Розмір коштів буде визначатися ліцензійними умовами
10	Вимога рівня освіти менеджера з перевезень	Середня освіта	Вища освіта
11	Проведення іспитів менеджера з перевезень	Іспит приймає єдина організація – Інститут автомобільного транспорту Міністерства інфраструктури Польщі	Іспит приймає уповноважений навчальний центр, що проводить навчання
12	Розповсюдження вимоги періодичного підвищення кваліфікації менеджерів із перевезень	Звільняються менеджери, які понад 10 років керують підприємством з автомобілями масою менше за 3,5 тонни	Введені у 2025 р. законом №4337-ІХ. До 2025 р. згідно зі статтею 34 закону «Про автомобільний транспорт» вимога підвищення кваліфікації керівників і спеціалістів розповсюджувалася на перевізників з кількістю транспортних засобів десять і більше
13	Періодичність підвищення кваліфікації менеджерів із перевезень	3 роки	Згідно зі статтею 34 «у термін один раз на п'ять років, а з питань безпеки перевезень, охорони праці та пожежної безпеки – у термін один раз на три роки»
14	Орган, що видає ліцензію на перевезення	Повітовий староста – на внутрішні перевезення Генеральний інспекторат – на міжнародні перевезення (ліцензія ЄС)	Укртрансбезпека та її регіональні представництва
15	Орган, що видає права водія	Повітовий староста	Територіальні сервісні центри МВС
16	Орган, що видає свідоцтво підвищення кваліфікації водія (код 95)	Маршалок (керівник воєводства)	Навчальні центри уповноважені Міністерством розвитку громад та територій

17	Орган, що видає Свідоцтво ДОПНВ про підготовку водія з перевезення небезпечних вантажів	Маршалок (керівник воєводства)	Територіальні сервісні центри МВС
18	Орган, що видає свідоцтво підвищення кваліфікації менеджера	Інститут автомобільного транспорту Міністерства інфраструктури Польщі	Уповноважені Міністерством розвитку громад та територій навчальні центри
19	Штраф за відсутність повідомлень перевізника про зміну стану	187 євро (800 злотих)	166 євро (8000 грн) станом на 01.01.2025 р.

Маршалкове управління забезпечує проведення екзаменів з перевезення небезпечних вантажів. За 10 днів до проведення курсів місцеві органи влади подають дані, де відбудеться екзамен з перевезення небезпечних вантажів. Представник маршалкового управління приймає екзамен, також видає ліцензію навчальним центрам, має повноваження видавати сертифікат затвердження типу колісного транспортного засобу.

Найчастішими порушеннями польськими перевізниками є: непроведення періодичного технічного обслуговування автомобіля, слабкі гальма, використання чужої тахокарти водія, відсутність свідоцтва водія в складі ліцензії. Генеральний інспекторат, отримавши інформацію про порушення, попереджає про перевірку підприємства за 7 днів.

Якщо виявлено суттєві недоліки, проводять перевірки. Якщо приписи органів ліцензування не виконані, починається процедура призупинення ліцензії. Вона передбачає прийняття Рішення (ухвали) про скасування дозволу на перевезення, відкликання та скасування ліцензії Співтовариства. Рішення може бути оскаржене у воєводському адміністративному суді, а також у найвищій інстанції – Касаційному верховному адміністративному суді, адже втрата бездоганної ділової репутації зачіпає суспільний інтерес: вона може вплинути на стан безробіття в регіоні. Тут втручаються громадські організації. Перевізник на практиці часто відстоює свої права і ліцензію не скасовують. Рішення про втрату бездоганної ділової репутації призводить до призупинення дозволу на рік.

Щодо менеджера, його нездатності до ефективного управління, виноситься адміністративне рішення про проходження навчання та складання іспиту. За позитивними результатами іспиту відновлюється Свідоцтво професійної компетенції менеджера з перевезень.

Висновки

Вивчений досвід Польщі щодо регулювання ринку автомобільних перевезень показав, що інституційна реформа децентралізації управління Польщі по-клала низку функцій на місцеві органи виконавчої влади. Серед таких: видача ліцензії на внутрішні автомобільні перевезення, водійських прав, свідоцтв підвищення кваліфікації водія (код 95), свідоцтв ДОПНВ про підготовку водія.

Функції навчання та перевірки знань водіїв та менеджерів розмежовані між різними органами. Це забезпечує об'єктивність та неупередженість прийняття рішень. Так, перевірку знань та видачу свідоцтв підвищення кваліфікації менеджера з перевезень здійснює єдиний орган у Польщі – Інститут автомобільного транспорту. Він має регіональні представництва та автоматизовану систему тестування. Цей досвід доцільно перейняти.

Вартість польської ліцензії набагато вища: в Україні складає 65 євро, тоді як в Польщі 1760 євро плюс 190 євро за копію ліцензії на кожний автомобіль. Тобто ліцензія підприємства з парком 10 автомобілів коштує 3660 євро, що в 56 разів більше за вартість української ліцензії! Отже, ця остання має бути підвищена, адже державний бюджет недоотримує такі необхідні зараз Україні кошти.

Досвід показує, що офіційно дозвільні документи в Україні значно дешевші, ніж в сусідніх країнах, однак існують неформальні платежі, з якими борються антикорупційні органи. Аргументом на захист українського перевізника є важкість проходження кордону, гострий ліміт дозволів у довоєнні роки, до яких ми можемо повернутися після закінчення терміну дії Угоди між Європейським Союзом і Україною з автомобільних перевезень вантажів, укладеної у червні 2022 року та вже декілька разів пролонговану на період війни.

27 березня 2025 року Україна нарешті прийняла Закон №4337-IX «Про внесення змін до Закону України «Про автомобільний

транспорт» щодо вдосконалення регулювання ринку послуг з перевезення пасажирів та вантажів автомобільним транспортом». Нагадаємо, що проект закону поданий від імені Прем'єр-міністра А. Яценюка ще 24.12.2015 № 3713. [13].

У прийнятому законі вимоги щодо бездоганної ділової репутації, фінансового стану, професійної компетентності лише окреслені. Передбачається внесення змін у Ліцензійні умови провадження господарської діяльності з надання послуг автомобільним транспортом. Варто зазначити, що Закон про автомобільний транспорт Польщі містить детальні вимоги, викладені на 206 сторінок, тоді як Закон України №4337- IX викладений на дев'яти

сторінках. Більшість вимог перенесені на підзаконні акти, які часто викривляють суть закону, приймаються роками, що стримує процес євроінтеграції.

Доцільно впровадити ліцензування внутрішніх вантажних автомобільних перевезень, що сприятиме безпеці дорожнього руху та якості транспортного обслуговування. Ліцензії не можуть бути безстроковими, доцільно встановити термін – 10 років.

Отже, з прийняттям закону №4337-IX у 2025 році Україна починає проводити великі інституційні зміни з питань доступу на ринок автомобільного транспорту.

References

1. Verkhovna Rada of Ukraine. (2025). Law of Ukraine "On Amendments to the Law of Ukraine "On Road Transport" regarding the improvement regulation market for passenger and cargo carriage by road" №4337
2. EC. (2009). Regulation No 1071/2009 of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing common rules concerning the conditions to be complied with to pursue the occupation of road transport operator and repealing Council Directive 96/26/EC.
3. EC. (2009). Regulation No 1072/2009 of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 on common rules for access to the international road haulage market.
4. EC. (2009). Regulation No 1073/2009 of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 on common rules for access to the international market for coach and bus services, and amending Regulation (EC) No 561/2006.
5. EU. (2020). Regulation 2020/1054 of the European Parliament and of the Council of 15 July 2020 amending Regulation (EC) No 561/2006 as regards minimum requirements on maximum daily and weekly driving times, minimum breaks and daily and weekly rest periods and Regulation (EU) No 165/2014 as regards positioning by means of tachographs.
6. EU. (2020). Regulation 2020/1055 of the European Parliament and of the Council of 15 July 2020 amending Regulations (EC) No 1071/2009, (EC) No 1072/2009 and (EU) No 1024/2012 with a view to adapting them to developments in the road transport sector.
7. EU. (2020). Regulation 2020/1056 of the European Parliament and of the Council of 15 July 2020 on electronic freight transport information
8. EU. (2020). Directive 2020/1057 of the European Parliament and of the Council of 15 July 2020 laying down specific rules with respect to Directive 96/71/EC and Directive 2014/67/EU for posting drivers in the road transport sector and amending Directive 2006/22/EC as regards enforcement requirements and Regulation (EU) No 1024/2012
9. EU. (2022). Commission Implementing Regulation 2022/695 of 2 May 2022 laying down rules for the application of Directive 2006/22/EC of the European Parliament and of the Council as regards the common formula for calculating the risk rating of transport undertakings.
10. EU. (2016). Commission Regulation 2016/403 of 18 March 2016 supplementing Regulation (EC) No 1071/2009 of the European Parliament and of the Council with regard to the classification of serious infringements of the Union rules, which may lead to the loss of good repute by the road transport operator, and amending Annex III to Directive 2006/22/EC of the European Parliament and of the Council.
11. EU. (2016). Commission Implementing Regulation 2016/480 of 1 April 2016 establishing common rules concerning the interconnection of national electronic registers on road transport undertakings and repealing Regulation (EU) No 1213/2010.
12. Novikova, Alla, Degtyar, Zoya. (2023). Rules for Access to the Road Carriage Market in European Union// Magazine «Automobilist of Ukraine», 3.
13. Verkhovna Rada of Ukraine. (2015). Law of Ukraine "On Amendments to Certain Legislative Acts of Ukraine in the Field of Road Transport in Order to Bring Them into Line with the Acts of the European Union" 24.12.2015 No. 3713

УДК 656.13.05

DOI: 10.33868/0365-8392-2025-3-284-9-16

© С. Г. Варюхно, провідний інженер,
ORCID: 0000-0001-7854-7418,
e-mail: svaruhno@insat.org.ua;
© М. Є. Михайлова, інженер II категорії,
ORCID: 0009-0001-5924-5630,
e-mail: mmykhailova@insat.org.ua;
© В. В. Сосіда, інженер II категорії,
ORCID: 0009-0007-4671-5406,
e-mail: vsosida@insat.org.ua;
© В. І. Іванов, технік,
ORCID: 0009-0002-2204-1105,
e-mail: vivanov@insat.org.ua
(ДП «Державний автотранспортний
науково-дослідний і проектний інститут»)

© Serhii Variukhno, Lead Engineer,
ORCID: 0000-0001-7854-7418,
e-mail: svaruhno@insat.org.ua;
© Maryna Mykhailova, Engineer of the 2nd Category,
ORCID: 0009-0001-5924-5630,
e-mail: mmykhailova@insat.org.ua;
© Viktoriia Sosida, Engineer of the 2nd Category,
ORCID: 0009-0007-4671-5406,
e-mail: vsosida@insat.org.ua;
© Vadym Ivanov, technician,
ORCID: 0009-0002-2204-1105,
e-mail: vivanov@insat.org.ua
(SE «State Road Transport Research Institute»)

АНАЛІЗ СТАНУ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ В УКРАЇНІ В КОНТЕКСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ СТРАТЕГІЇ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

ANALYSIS OF THE STATE OF ROAD SAFETY IN UKRAINE IN THE CONTEXT OF THE IMPLEMENTATION OF THE STRATEGY FOR IMPROVING THE LEVEL OF ROAD SAFETY

Анотація. Проведено аналіз сучасного стану безпеки дорожнього руху в Україні в контексті реалізації стратегії підвищення рівня безпеки дорожнього руху, визначено пріоритети у сфері безпеки дорожнього руху, перспективи й орієнтири для забезпечення належного стану безпеки дорожнього руху в Україні. Проаналізовано основні нормативно-правові акти, зокрема Стратегію підвищення рівня безпеки дорожнього руху та відповідні державні програми.

Ключові слова: аварійність, безпека дорожнього руху, дорожньо-транспортна пригода, транспортні засоби, стратегія.

Abstract. The article presents a study of the current state of road safety in Ukraine in the context of implementing strategies aimed at improving road traffic safety. Priorities, prospects, and benchmarks for ensuring an appropriate level of road safety in Ukraine have been identified. The current state of road safety in Ukraine is examined through the lens of national strategic documents in this field. Key regulatory acts are analyzed, including the Road Safety Improvement Strategy and related government programs. The article also outlines the main causes of accidents and fatalities resulting from road traffic accidents in Ukraine, such as speeding, violations of vehicle maneuvering rules, failure to comply with intersection and pedestrian crossing regulations, insufficient following distance, and driving under the influence of alcohol. Based on statistical data for the period 2014–2024, the dynamics of road traffic injuries are revealed, and key performance indicators for the implementation of road safety measures are assessed. The main problems and factors contributing to the high accident rate on Ukrainian roads are identified. The necessity of improving the road safety management system, modernizing infrastructure, strengthening traffic law enforcement, and introducing modern technologies is emphasized. A set of priority measures is proposed to be considered in the new Road Safety Strategy for the next decade to help form a safer road environment. One of the main problems highlighted is the unsatisfactory condition of the road network, both at the national and local levels. Based on an analysis of the current situation in Ukraine, a range of effective measures has been developed to improve road safety, including the development of road infrastructure, use of technically sound vehicles, stricter enforcement of traffic regulations, development of public transport, and the adoption of innovative solutions.

Keywords: accident rate, road safety, road traffic accident, vehicle, strategy.

Вступ

Безпека дорожнього руху (далі – БДР) є одним із ключових аспектів державної політики у

сфері транспорту, адже вона безпосередньо впливає на рівень життя населення та демогра-

фічну ситуацію, відображає економічну стабільність і розвиток країни. Зростання мобільності населення, урбанізація, постійне збільшення кількості транспортних засобів та інтенсивності руху створюють нові виклики у сфері забезпечення БДР.

Протягом останнього десятиліття в Україні розробляли та впроваджували стратегічні документи, спрямовані на зниження рівня дорожньо-транспортного травматизму. Утім, незважаючи на наявність значної нормативно-правової бази, проблема високого рівня аварійності на автомобільних дорогах України потребує уваги та подальшого вирішення. Це підтверджено статистичними даними щодо кількості дорожньо-транспортних пригод (далі – ДТП) та їхніх наслідків. Питання БДР завжди є актуальним для громадян. Стан БДР в Україні потребує ґрунтовного аналізу та конструктивних висновків для його покращення. Удосконалення чинної нормативної бази, впровадження новітніх підходів у системі державного управління загалом сприятимуть підвищенню рівня БДР.

З огляду на актуальність проблематики, метою цієї статті є аналіз сучасного стану БДР в Україні в контексті реалізації стратегії підвищення рівня БДР, визначення пріоритетів у сфері БДР, перспектив і орієнтирів для забезпечення належного стану БДР в Україні.

Основна частина

В Україні прийнято значну кількість актів законодавства та нормативних документів, що регулюють різні сфери суспільних відносин, зокрема і питання БДР. Ці документи певною мірою базуються на нормах міжнародного права (багатосторонніх конвенцій, угод, хартій тощо) й охоплюють різноманітні аспекти в цій сфері, серед іншого і стосовно водіїв, транспортних засобів, діяльності автомобільних перевізників, їхнього персоналу, здійснення перевезень пасажирів і вантажів, страхування відповідальності, медичного забезпечення БДР, правової відповідальності.

Базовим законом, що регулює суспільні відносини у сфері дорожнього руху та його безпеки, визначає права, обов'язки і відповідальність суб'єктів – учасників дорожнього руху,

центральної влади, об'єднань, підприємств, установ і організацій незалежно від форм власності та господарювання, є Закон України «Про дорожній рух». Іншим, не менш важливим, є Закон України «Про автомобільний транспорт», який визначає засади організації та діяльності автомобільного транспорту та є спеціалізованим законом, що включає в собі норми стосовно державного регулювання і контролю діяльності автомобільного транспорту, засад розвитку цієї галузі, а також стосовно персоналу, транспортних засобів, автомобільних перевізників, загальних положень щодо перевезення пасажирів і вантажів (як у внутрішньому, так і у міжнародному сполученні), відповідальності перевізників за порушення законодавства про автомобільний транспорт.

У контексті питання забезпечення в Україні БДР варто зазначити, що лише протягом останніх 10 років розроблено і прийнято велику кількість документів (стратегій, державних програм тощо), спрямованих на підвищення рівня БДР, зокрема:

– у 2017–2018 рр.:

Національну транспортну стратегію України на період до 2030 року (розпорядження Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 №430-р), метою якої є створення інтегрованого до світової транспортної мережі безпечно функційного та ефективного транспортного комплексу України, задоволення потреб населення в перевезеннях та покращення умов ведення бізнесу для забезпечення конкурентоспроможності та ефективності національної економіки;

Стратегію підвищення рівня безпеки дорожнього руху на період до 2020 року (розпорядження Кабінету Міністрів України від 14.06.2017 № 481-р, далі – Стратегія).

– у 2018 р. було розроблено (на основі Стратегії) та Кабінетом Міністрів України затверджено:

Державну програму підвищення рівня безпеки дорожнього руху на період до 2020 року (постанова Кабінету Міністрів України від 25.04.2018 № 435);

План заходів із підвищення рівня безпеки дорожнього руху на період до 2020 року (розпорядження Кабінету Міністрів України від 28.03.2018 № 231-р);

– у 2020 р:

Стратегію підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2024 року (розпорядження Кабінету Міністрів України від 21.10.2020 № 1360-р);

Державну програму підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2023 року (постанова Кабінету Міністрів України від 21.12.2020 № 1287).

У зв'язку з повномасштабною збройною агресією РФ проти України схвалена Кабінетом Міністрів України ще в 2020 р. Стратегія підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2024 року та затверджена того ж року

Державна програма підвищення рівня БДР в Україні на період до 2023 року залишаються на сьогодні останніми прийнятими документами, що визначали для держави цільові показники та план дій (комплекс заходів) у сфері БДР.

Аналізуючи очікувані результати виконання Державної програми підвищення рівня БДР в Україні на період до 2023 року, зокрема значення цільових показників та їхні фактичні значення за 2021–2023 рр. щодо рівня соціального і транспортного ризику, рівня тяжкості наслідків ДТП (табл. 1), можна дійти висновків, що вжиті заходи з підвищення рівня БДР в Україні не принесли очікуваних результатів. Значення окремих показників щодо рівня соціального і транспортного ризику, а також щодо рівня тяжкості наслідків ДТП мають негативну динаміку.

Таблиця 1

Очікувані результати виконання Державної програми підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2023 року

Найменування завдання	Найменування показників виконання завдання	Значення показника					
		2021		2022		2023	
		ціль	факт	ціль	факт	ціль	факт
1. Зниження рівня соціального ризику	Кількість загиблих унаслідок ДТП на 100 тис. населення	11,3	7,83	10,1	8,9	8,8	8,1
	Кількість травмованих унаслідок ДТП на 100 тис. населення	119,3	72,0	106,1	73,7	92,8	78,0
2. Зниження рівня транспортного ризику	Кількість загиблих унаслідок ДТП на 100 тис. транспортних засобів	34,1	31,7	30,3	30,7	26,5	32,8
3. Зниження рівня тяжкості наслідків дорожньо-транспортних пригод	Кількість загиблих унаслідок ДТП на 100 постраждалих	7,8	10,9	6,9	10,8	6,1	9,4
	кількість загиблих унаслідок ДТП на 100 ДТП	3,1	13,2	2,7	14,9	2,4	12,9
	кількість травмованих унаслідок ДТП на 100 ДТП	31,9	121,2	28,4	124,2	24,9	124,7

Об'єктивним критерієм оцінки стану аварійності та БДР прийнято вважати саме питомі показники, що відображають кількість ДТП, смертей (загиблих) та травмованих осіб унаслідок виникнення цих подій, наприклад, на кожні 100 тис. населення. На сьогодні в Україні кількість загиблих у ДТП на 100 тис. населення (за даними з відкритих джерел щодо чисельності населення в Україні за 2023 р.) становить 8,1, що у 2-3 рази перевищує значення аналогічного показника країн Європейського Союзу. Аналіз даних офіційної статистики за період 2014–2024 рр. (дані Державної служби статистики [1], Національної поліції України [2]) свідчить про те, що

на дорогах країни в середньому щороку гине близько 3,5 тис. осіб. За цих обставин виникає понад 400 ДТП на день, у яких гине близько 10 людей та отримують травми близько 90. Такі показники загалом свідчать про те, що проблема забезпечення достатнього рівня БДР для України потребує подальшого вирішення.

На **рис. 1** показано статистику щодо наслідків ДТП, скоєних в Україні у 2015–2024 рр. За повних 10 років (2015–2024 рр.) згідно з даними офіційної статистики України було скоєно близько 248 838 ДТП з постраждалими, в яких близько 309 819 осіб загинуло та 33 441 осіб травмовано.

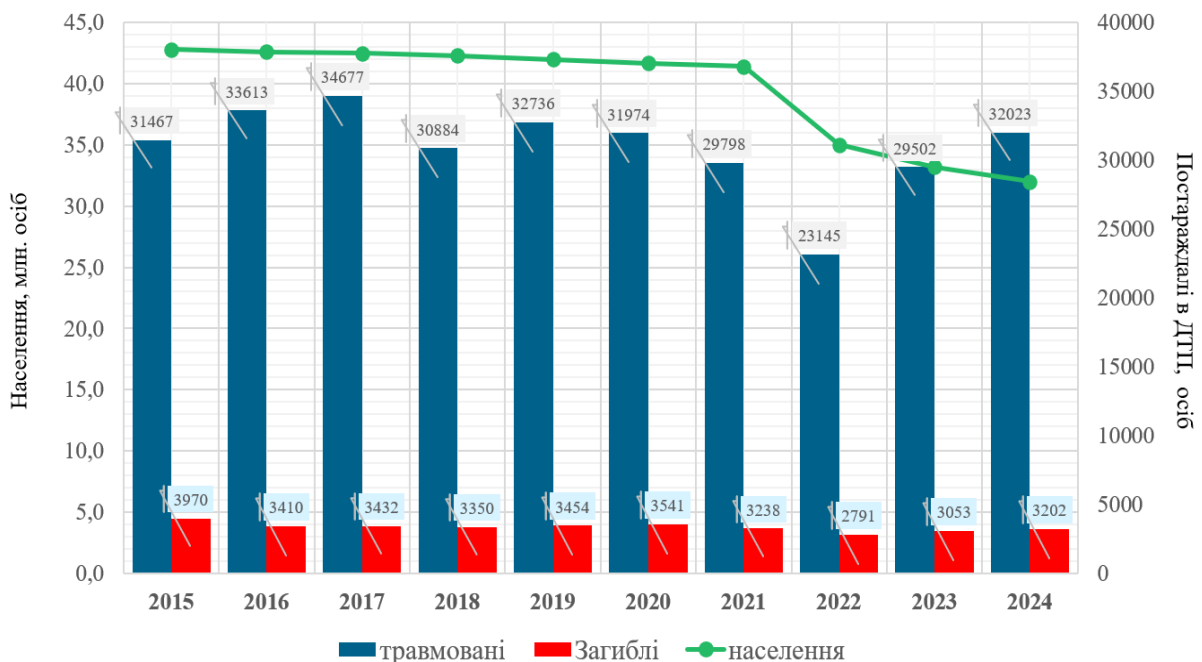


Рис. 1. Наслідки ДТП, скоєних в Україні у 2015–2024 рр.

Аналізуючи дані статистики (**рис. 1**), можна помітити, що у 2022 р. нібито спостерігаються найнижчі показники щодо кількості загиблих і травмованих унаслідок ДТП (порівняно з попередніми роками). Проте дані цього року не свідчать про позитивну динаміку з точки зору підвищення рівня БДР, оскільки 2022 р. є роком початку повномасштабної військової агресії РФ проти України, а тому є сумніви щодо об'єктивності такої інформації. На додачу статистичні

дані 2022 р. та наступних років не охоплюють значної частини територій України (Донецької, Запорізької, Луганської, Харківської, Херсонської областей і АР Крим). Крім того численність населення України (згідно з інформацією з відкритих джерел) на кінець 2024 р. скоротилась більше ніж на 20 %. У середньому в ЄС кількість загиблих унаслідок ДТП на 1 млн. населення у 2023 р. становила 46 осіб [10], а в Україні – 97 (**рис. 2**).

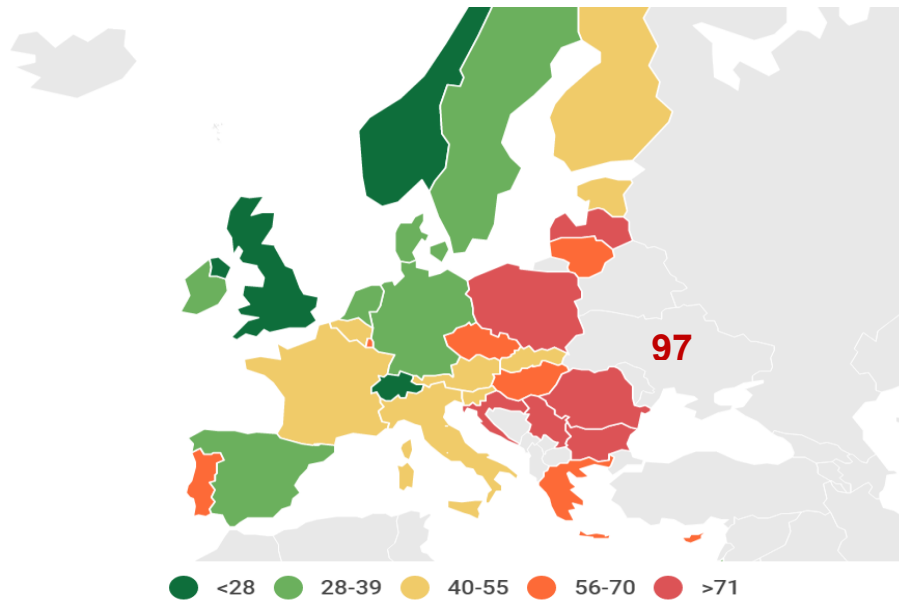


Рис. 2. Порівняння кількості загиблих унаслідок ДТП на 1 млн населення в державах-членах ЄС та в Україні (географічна карта)

Основними видами ДТП в Україні є зіткнення, наїзд (на пішохода, велосипедиста, перешкоду, тварину, на транспортний засіб, що стоїть

тощо), перекидання транспортного засобу, падіння пасажирів або вантажу (**рис. 3** щодо розподілу ДТП за видами за 2024 р.).

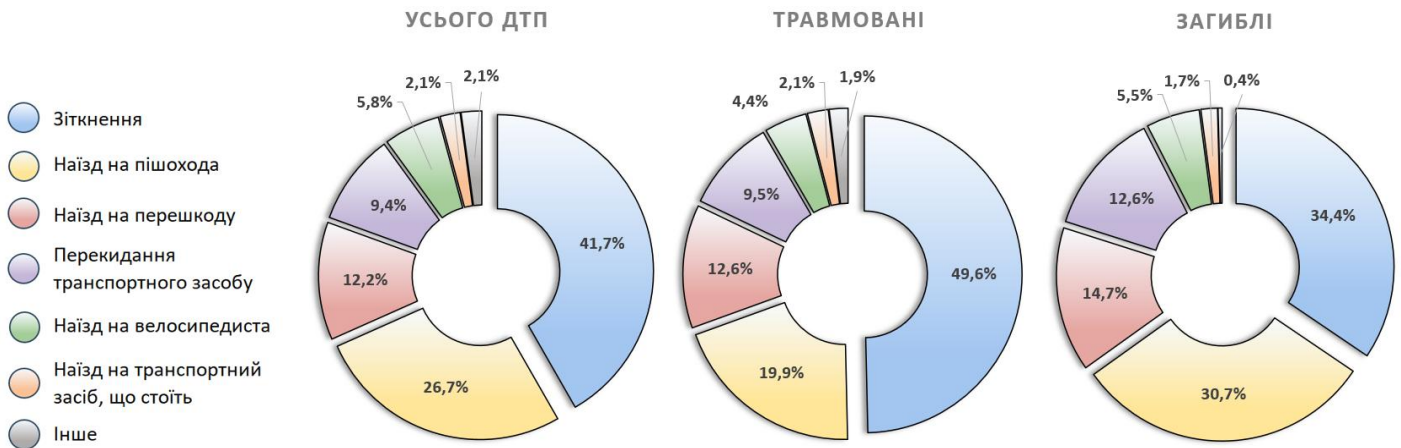


Рис. 3. Розподіл ДТП та їхніх наслідків за видами виникнення (2024 р.)

Основними причинами ДТП в Україні є порушення швидкісного режиму, правил маневрування транспортним засобом, правил проїзду перехресть та пішохідних переходів, недотри-

мання дистанції, керування транспортним засобом у стані алкогольного сп'яніння тощо (**рис. 4** щодо розподілу ДТП за причинами за 2024 р.).

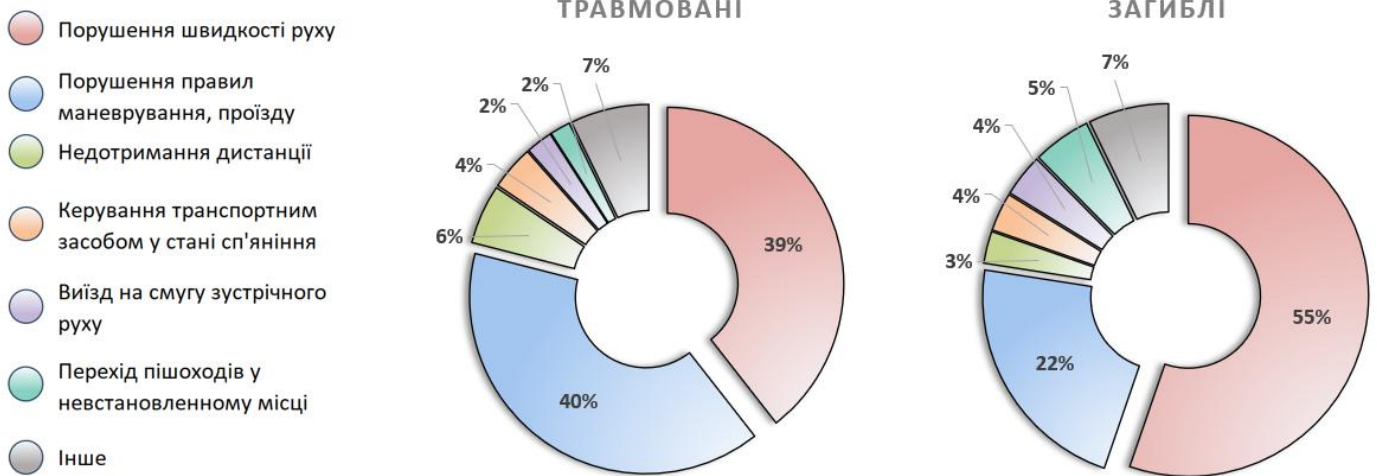


Рис. 4. Розподіл наслідків ДТП за причинами (2024 р.)

До основних причин високого рівня аварійності та смертності внаслідок ДТП в Україні можна віднести, зокрема:

- недосконалість державної системи управління у сфері БДР;
- незадовільна якість доріг та автотранспортної інфраструктури;
- низька дисципліна всіх учасників дорожнього руху;
- недостатній обсяг інвестицій та обмеженість бюджетного фінансування об'єктів автотранспортної інфраструктури;
- інше.

Однією з проблем транспортної галузі України, зокрема в контексті питання аналізу причин високого рівня аварійності на дорогах є проблема незадовільного стану мережі автомобільних доріг (серед іншого – якість доріг, їхня протяжність), щільність якої є значно меншою, ніж у країнах ЄС. Експлуатаційний стан більшості доріг як державного, так і місцевого значення (особливо в сільській місцевості) є незадовільним (не відповідають вимогам рівності та міцності).

Зауважимо що, забезпечення БДР є складним багатосекторальним завданням, яке вимагає багатовимірної системи управління, наявності відповідних механізмів та інструментів, а також достатніх технічних і фінансових ресурсів, які б дозволяли відповідальним установам розроб-

ляти і реалізовувати відповідні стратегії, положення і плани для координування різних суб'єктів, залучених до сфери БДР на всіх рівнях. Це також вимагає створення відповідних систем підтримки безпеки, які б дозволяли повною мірою зрозуміти цю проблему та вжити відповідних заходів для зменшення кількості постраждалих і тяжкості їхніх травм.

Проаналізувавши наявну ситуацію в Україні щодо стану БДР, очевидним вбачається необхідність вжиття ефективних заходів з підвищення рівня БДР, серед можливих можна виділити такі:

- розвиток дорожньої інфраструктури, що охоплює: освітлення доріг, особливо на небезпечних ділянках; нанесення чіткої розмітки; облаштування безпечних пішохідних переходів; застосування засобів обмеження швидкості руху тощо ;
- використання технічно справного транспортного засобу (здійснення регулярного технічного контролю та придорожного контролю за технічним станом транспортних засобів).
- посилення контролю за дотриманням вимог правил дорожнього руху: розширення мережі автоматичних камер фіксації швидкості руху; посилення відповідальності за окремі правопорушення у сфері БДР, зокрема адміністративної відповідальності;

- розвиток громадського транспорту, що передбачає раціональне планування нових та оптимізацію наявних маршрутів руху;

- використання інновацій (зокрема впровадження у великих містах системи Smart City, що передбачає інтеграцію сучасних технологій у сфері БДР);

- освіта та інформаційні кампанії, а саме освітні програми в навчальних закладах та масові кампанії (соціальна реклама у сфері БДР, зокрема щодо важливості використання ременів безпеки, недопустимість керування транспортним засобом у стані алкогольного, наркотичного чи іншого сп'яніння або перебування під впливом лікарських препаратів, що знижують увагу та швидкість реакції, концентрація та уважність за кермом);

- інше.

У цьому контексті варто зазначити, що на сьогодні в Україні здійснюється підготовка проєктних ініціатив «Посилення практик аудиту безпеки дорожнього руху для доріг загального користування» та «Розробка Стратегії безпеки дорожнього руху в Україні на 10 років» у межах проєкту SIG4U Стоп V: Підвищення безпеки дорожнього руху за підтримки уряду Швеції в рамках Міжнародного транспортного форуму. Відповідно, мають бути підготовлені державні програмні документи у сфері БДР, які визначать майбутню стратегію та основні цілі розвитку цієї сфери, встановлять пріоритетні напрямки діяльності та плани реалізації конкретних заходів.

Усунення системних проблем і прогалин у забезпеченні БДР в Україні та покращення ситуації з аварійністю на дорогах потребує формування та реалізацію цілісної і послідовної державної політики у сфері БДР відповідно до політики міжнародних організацій та з урахуванням провідних світових стандартів безпеки і практики, а також особливостей національних умов, можливостей, потреб і пріоритетів.

Висновки

Проведений аналіз стану безпеки дорожнього руху в Україні в контексті реалізації державних стратегічних документів засвідчив, що, незважаючи на реалізацію низки програмних

заходів, досягти суттєвого поліпшення ситуації з аварійністю на дорогах не вдалося. Рівень смертності та травматизму внаслідок ДТП в Україні залишається високим та в кілька разів перевищує середні показники країн Європейського Союзу.

Причинами цього є як об'єктивні (воєнні дії, зменшення чисельності населення, недосконалість транспортної інфраструктури), так і системні чинники, зокрема: недостатній контроль за дотриманням правил дорожнього руху, низький рівень транспортної дисципліни та обмежене фінансування програм із безпеки дорожнього руху.

Для покращення стану безпеки пропонується застосування ефективних заходів із підвищення рівня БДР, а саме вдосконалення дорожньої інфраструктури, використання технічно справних транспортних засобів, посилення контролю за дотриманням вимог ПДР, розвиток громадського транспорту, використання інновацій (системи Smart City і т. д.), освіта та інформаційні кампанії та інше.

Запропоновані заходи для покращення БДР мають увійти до нової Стратегії безпеки дорожнього руху в Україні на наступні 10 років. Цей документ повинен стати ключовим у реалізації політики держави у сфері БДР та забезпечити фундамент для формування безпечного дорожнього середовища в країні.

References

1. State Statistics Service of Ukraine. (2025) Retrieved from <https://ukrstat.gov.ua/>.
2. Department of Patrol Police of the National Police of Ukraine. (2025). Road Traffic Accident Statistics in Ukraine. Retrieved from <http://patrol.police.gov.ua/statystyka/>.
3. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2020). Directive "On Approval of the Road Safety Improvement Strategy in Ukraine for the Period Until 2024". Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1360-2020-%D1%80#Text>.
4. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2020). Resolution "On Establishing Quarantine and Implementing Restrictive Anti-Epidemic Measures to Prevent the Spread of Acute Respiratory Disease COVID-19 Caused by Coronavirus SARS-CoV-2 in Ukraine". Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1236-2020-%D0%BF#Text>.
5. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2020). Resolution "On Approval of the State Program for Road Safety Improvement in Ukraine for the Period Until 2023". Retrieved from

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1287-2020-%D0%BF#n16>

6. Statistical Information. (2016). State Statistics Service of Ukraine. Retrieved from http://www.ukr-stat.gov.ua/operativ/operativ2005/tz/tz_rik/tz_u/ts_u.htm.

7. Ministry for Communities and Territories Development of Ukraine. (2025). Retrieved from https://mtu.gov.ua/content/stan-avariynosti-na-ransporti.html?utm_source=chatgpt.com

8. Department of Patrol Police of the National Police of Ukraine. (2025). Retrieved from <https://patrolpolice.gov.ua/2025/04/10/z-11-kvitnya-patrulni-pratsyuvatymut-z-trucam-na-25-novyh-dilyankah-dorig-ta-vulyts-naselenyh-punktiv/>

9. Ministry of Finance. (2022). Population by Regions of Ukraine as of 2023. Retrieved from https://index.minfin.com.ua/ua/reference/people/2023/?utm_source=chatgpt.com

10. EU Reporter. (2025). Road Fatalities in the EU Decreased by 1.3% in 2023. Retrieved from <https://uk.eureporter.co/economy/eurostat-economy/2025/05/09/eu-road-fatalities-decreased-by-1-3-in-2023>

ЗМІСТ

Лагунін М. С., Новікова А. М., Симоненко Р. В.

Інституційні зміни з впровадження законодавства ЄС із питань доступу
на ринок автомобільних перевезень на прикладі досвіду Польщі 2

Варюхно С. Г., Михайлова М. Є., Сосіда В. В., Іванов В. І.

Аналіз стану безпеки дорожнього руху в Україні в контексті реалізації
стратегії підвищення рівня безпеки дорожнього руху 9

Бруннер Х., Лірс Х., Макаров В. А., Макарова Т. В.

До необхідності та можливості зниження аварійності на
автомобільних дорогах регіону України 17

Онищенко А. М., Завгородній С. С.

Сучасні підходи до натурних випробувань мостів.
Досвід України та світова практика 26

Зелінський Є. М., Лапшин Ю. А., Лич В. О.

Оновлена версія стандарту ДСТУ 7013:2024 «Автобуси спеціалізовані
для перевезення школярів. Технічні вимоги» 38

Матвійчук Д. М.

Вплив покращеної експлуатаційної надійності дизельних двигунів
на ефективність транспортних процесів 45

Федоров В. В., Філіпова Г. А., Босенко В. М.

Глушник шуму «Чорна дірка» як засіб поліпшення маскувальних
властивостей військового автомобіля КРАЗ-5233ВЕ «Спецназ» 45

Редагування: Бойко О. С., Копаниця І. В.

Макетування: Копаниця І. В.

Усі статті проходять двостороннє сліпе рецензування.

За достовірність фактів, цифр, точність імен і прізвищ відповідають автори статей,
за зміст рекламних матеріалів – рекламодавці.

Редакція не завжди поділяє погляди авторів публікацій.

Мови видання: українська та англійська

Усі права захищені. Передрук матеріалів можливий лише з дозволу редакції.

Видавець: ДП "ДержавтотрансНДІпроект", 03113, Київ, просп. Берестейський, 57,
к. 1009 (редакція), e-mail: ikopanytsya@insat.org.ua

Укомплектовано 27.10.2025



© Х. Бруннер, докт. техн. наук, професор,
науковий керівник VUFO,
e-mail: horst.brunner@VUFO.de;

© Х. Лірс, дипломований інженер,
керівник VUFO,
e-mail: henrik.liers@vufo.de

(Технічний університет Дрездена);

© В. А. Макаров, докт. техн. наук,
професор, професор кафедри АТМ,
ORCID: 0000-0002-7012-4952

e-mail: makarov@vntu.edu.ua;

© Т. В. Макарова, канд. екон. наук, доцент,
доцент кафедри АТМ,
ORCID: 0000-0003-0669-8350,

e-mail: tomamakarova@ukr.net

(Вінницький національний технічний
університет)

© Horst Brunner, Doctor of Technical Sciences,
Professor, Scientific Advisor of the VUFO,
e-mail: horst.brunner@VUFO.de;

© Henrik Liers, Engineer, Head of VUFO,
e-mail: henrik.liers@vufo.de

(Technical University of Dresden);

© Volodymyr Makarov, Doctor of Technical
Sciences, Professor, Professor of the Department
of Automobiles and Transport Management,
ORCID: 0000-0002-7012-4952,

e-mail: makarov@vntu.edu.ua;

© Tamara Makarova, Candidate of Economic
Sciences, Associate Professor of the Department
of Automobiles and Transport Management
ORCID: 0000-0003-0669-8350,

e-mail: tomamakarova@ukr.net

(Vinnytsia National Technical University)

ДО НЕОБХІДНОСТІ ТА МОЖЛИВОСТІ ЗНИЖЕННЯ АВАРІЙНОСТІ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ РЕГІОНУ УКРАЇНИ

ON THE NECESSITY AND POSSIBILITY OF REDUCING ACCIDENTS ON ROADS IN THE REGION OF UKRAINE

Анотація. Розглядається зниження аварійності на автомобільних дорогах Німеччини в рамках проекту GIDAS та можливості застосування набутого досвіду у вітчизняних умовах. Особлива увага приділяється міжнародній співпраці, зокрема участі українського закладу вищої освіти у спільних дослідженнях із Технічним університетом Дрездена щодо аналізу дорожньо-транспортних пригод та підвищення безпеки дорожнього руху. Зниження аварійності в рамках проекту GIDAS здійснюється завдяки комплексному підходу та тісній співпраці численних організацій із державного, академічного та приватного секторів. Проект передбачає детальне дослідження дорожньо-транспортних пригод із використанням стандартизованих методик збору даних, зокрема огляд місця ДТП, технічну експертизу транспортних засобів та опитування учасників руху. Визначено, що такий підхід дозволяє отримати точну і структуровану інформацію про причини аварійності та чинники, що впливають на тяжкість наслідків. Наведена нелінійна функція відгуку на дорожньо-транспортні пригоди. Визначено, що така модель дозволяє враховувати складні залежності між різними факторами. Отже, вплив одного параметра може змінюватися залежно від інших та об'єднувати проміжні результати у фінальний прогноз. Це робить їх придатними для моделювання мереж функцій відгуку та комплексного аналізу наслідків аварій. Ключовою особливістю проекту GIDAS є поєднання наукових досліджень із практичними заходами щодо підвищення безпеки дорожнього руху. Державні органи, приватні компанії, академічні установи та суспільні організації разом аналізують дані, розробляють рекомендації щодо вдосконалення дорожньої інфраструктури та підвищення безпеки транспортних засобів. Значний внесок у розвиток досліджень здійснюється завдяки співпраці українського закладу вищої освіти з Технічним університетом Дрездена. Це дозволяє українським фахівцям ознайомлюватися з методиками GIDAS, оцінювати можливість їхнього використання в місцевих умовах та формувати необхідні компетентності у студентів – автомобілістів по зниженню рівня аварійності на автодорогах регіонів України.

Ключові слова: автомобіль, дорожня інфраструктура, дорожньо-транспортна пригода, аварійність, безпека дорожнього руху, проект GIDAS, міжнародна співпраця, освітнє середовище.

Abstract. The reduction of accidents on German roads within the framework of the GIDAS project and the possibility of applying the acquired experience in domestic conditions are considered. Special attention is paid to international cooperation, in particular the participation of a Ukrainian higher education institution in joint research with the Technical University of Dresden on the analysis of road accidents and improving road safety. The reduction of accidents within the framework of the GIDAS project is carried out thanks to an integrated approach and close cooperation of numerous organizations from the public, academic and private sectors. The project involves a detailed study of road accidents using standardized data collection methods, including inspection of the accident site, technical examination of vehicles and surveying road users. It is determined

that such an approach allows obtaining accurate and structured information about the causes of accidents and factors affecting the severity of the consequences. A nonlinear response function for road accidents is given. It is determined that such models allow taking into account complex dependencies between various factors. Thus, the influence of one parameter can vary depending on others and combine intermediate results into a final forecast. This makes them suitable for modeling response function networks and comprehensive analysis of accident consequences. A key feature of the GIDAS project is the combination of scientific research with practical measures to improve road safety. State bodies, private companies, academic institutions and public organizations jointly analyze data, develop recommendations for improving road infrastructure and increasing vehicle safety. A significant contribution to the development of research is made by the cooperation of a Ukrainian higher education institution with the Technical University of Dresden, which allows Ukrainian specialists to familiarize themselves with GIDAS methods, assess the possibility of their use in local conditions and form the necessary competencies in student motorists to reduce the level of accidents on the roads of the regions of Ukraine.

Keywords: car, road infrastructure, road accident, accident rate, road safety, GIDAS project, international cooperation, educational environment.

Вступ

Постановка проблеми. Сучасні автомобільні системи формують можливість мобільного транспортного забезпечення, що необхідно для належного функціонування та розвитку господарства й суспільства різних країн. Автомобілі є дієвими елементами транспортних систем, які надають населенню комфортабельне переміщення та беруть участь у виробничих процесах для підприємств. Але необхідно обов'язково звернути увагу на дуже суттєві негативні прояви використання автомобілів, головним із яких є колосальний рівень аварійності. Його зменшення є всесвітньою проблемою, що вимагає як вивчення досвіду окремих країн із цього питання, так і об'єднання зусиль усіх країн для її розв'язання.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Динаміка рівня безпеки руху на території України в період з 2017 по 2023 рр. розглядається в наукових працях [1,2,3]. Зазначається, що смертність від ДТП в Україні в 2 рази перевищує значення Європейських країн. У багатьох наукових працях для підвищення рівня безпеки дорожнього руху розглядається ряд технічних, організаційних та комунікаційних заходів [1,3,4,5,6]. Наводиться європейський досвід вивчення причинно-наслідкових зв'язків виникнення аварій [1,7], стратегії безпеки дорожнього руху ЄС та зарубіжних країн [8].

Роль міжнародної співпраці в покращенні безпеки дорожнього руху відображена в роботі [9].

Розглянуто досвід Німеччини щодо системного наукового дослідження та перманентного зниження аварійності на автомобільних дорогах шляхом об'єднання сумісної дії наступних значущих факторів: автомобільної та шинної промисловості, автополігонів, транспортної поліції, Федеральної служби з дорожніх питань, Медичного інституту, Технічного

університету Дрездена тощо [10]. Запропоновано використовувати цінний досвід німецьких колег на основі організації сумісної співпраці [11].

У нашій країні Кабінетом Міністрів схвалена «Стратегія підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2024 року» [12]. В означеній Стратегії можна виокремити таке:

- безпека дорожнього руху (БДР) визнана ключовим елементом розвитку теперішнього суспільства;
- визнана вкрай низькою наявна несистемна організація БДР для захисту суспільства і господарства;
- перелічена велика кількість вагомих факторів, які не дозволяють ефективно розв'язати проблему забезпечення низького рівня аварійності на автомобільних дорогах.

Основним напрямом реалізації в забезпеченні БДР визнано державне управління. Фінансове забезпечення реалізації стратегії передбачено за рахунок державного бюджету, а також з інших джерел, незаборонених законодавством. Але концентрація зусиль науковців на поліпшенні проблеми БДР наведено останньою в загальному переліку важливих джерел для рішення ключової задачі.

Отже, на рівні активного розгляду сукупності різних технічних, інженерних, комунікаційних заходів забезпечення безпеки руху, менша увага приділяється інституційним заходам, організація яких надалі розглянути в дослідженні.

Мета дослідження полягає у визначенні інституційно-організаційних заходів в освітньому середовищі, які сприятимуть зниженню аварійності на автодорогах регіону України з урахуванням наявної практики Німеччини.

Основна частина

Враховуючи незадовільну ситуацію безпеки руху, обов'язковим є продовження дослідження рівня аварійності на автодорогах України та її регіонів. Так, у Вінницькому регіоні за один день (другого квітня 2025 року) сталося чотири значущих дорожньо-транспортних пригоди, дві з яких завершилися трагічно (рис. 1). Про це повідомили у відділі комунікації поліції Вінниччини та речники Головного управління ДСНС у Вінницькій області [13].

Неподалік села Райгород Гайсинського району автомобіль KIA зіткнувся з автомобілем Mercedes, що рухався у зустрічному напрямку. Внаслідок зіткнення водій KIA загинув на місці. Водій автомобіля Mercedes отримав медичну допомогу без подальшої госпіталізації; освідчування підтвердило його тверезість. За цим фактом відкрито кримінальне провадження за ч. 2 ст. 286 КК України (порушення правил дорожнього руху, що спричинило смерть потерпілого). Санкція статті передбачає до 8 років позбавлення волі. Наразі триває слідство для з'ясування всіх обставин трагедії.

Того ж дня у Вінниці на вулиці Брацлавській автомобіль Volkswagen «в'їхав» у ГАЗ, що рухався попереду в попутному напрямку. Внаслідок аварії 49-річну пасажирку Volkswagen госпіталізували. Обидва водії були тверезі. Поліція розпочала розслідування за ч. 1 ст. 286

КК України, що передбачає до 3 років обмеження волі з можливим позбавленням права керувати транспортними засобами на такий же термін. Надзвичайники ліквідовували наслідки ДТП. Водночас, за інформацією ДСНС, у Вінниці на Львівському шосе зіткнулися автомобілі Tesla та Honda.

У автомобілі Honda виявився заблокованим чоловік, якого надзвичайники визволили за допомогою гідравлічного інструменту. На жаль, він був уже без ознак життя. У селі Тарасівка позашляховик Mitsubishi з'їхав у кювет і перекинувся. П'ятидесятирічну водійку деблокували та передали медикам.

Для сприяння зниження аварійності на автодорогах регіонів України запропонований першочерговий інституційний захід: організація співпраці між здобувачами та викладачами технічного закладу вищої освіти України для спеціальності «транспорт» із Технічним університетом Дрездена з ознайомлення з наявним досвідом залучення університету спільно з необхідними організаціями в наукову діяльність з дослідження та зниження рівня аварійності.

Так 2 квітня 2025 року проведений плановий інтернет-семінар з дослідження аварійності на автодорогах, у якому брали участь провідні вчені Німеччини з Технічного університету Дрездена (ТУД) та вчені й аспіранти кафедри автомобілів та транспортного менеджменту (АТМ) Вінницького національного технічного університету (ВНТУ).



Рис. 1. Візуалізація чотирьох значущих ДТП, зафіксованих у Вінницькій області 2 квітня 2025 року

Фотоінформацію про означену подію з учасниками семінару, які зацікавлені в розумінні механізму дієвості німецької ініціативи GIDAS, наведено на **рис. 2**.

Товариство з обмеженою відповідальністю з дослідження аварійності на автомобільних дорогах (VUFO) успішно працює понад 20 років. Створене професором Хорстом Бруннером, відоме у світі як проєкт GIDAS і натеper працює під керівництвом дипломованого інженера Генріка Ліерса.

Обидва науковці з ТУД, які показані на фото знизу ліворуч (**рис. 2**), ознайомили присутніх зі структурою та основними аспектами успішної діяльності VUFO (**рис. 3**). TOB VUFO

займається комплексним збором, обробкою та аналізом даних про дорожньо-транспортні пригоди. Основна мета діяльності такої організації – визначення причин аварійності та розробка заходів для підвищення безпеки на дорогах [10]. Фахівці TOB використовують різні методи дослідження, зокрема польові огляди місць ДТП, заміри геометрії дороги, фотозйомку та відеоспостереження, а також аналіз офіційних документів, протоколів поліції та звітів страхових компаній. Основні складові TOB VUFO при Технічному університеті Дрездена наведені на **рис. 4**.

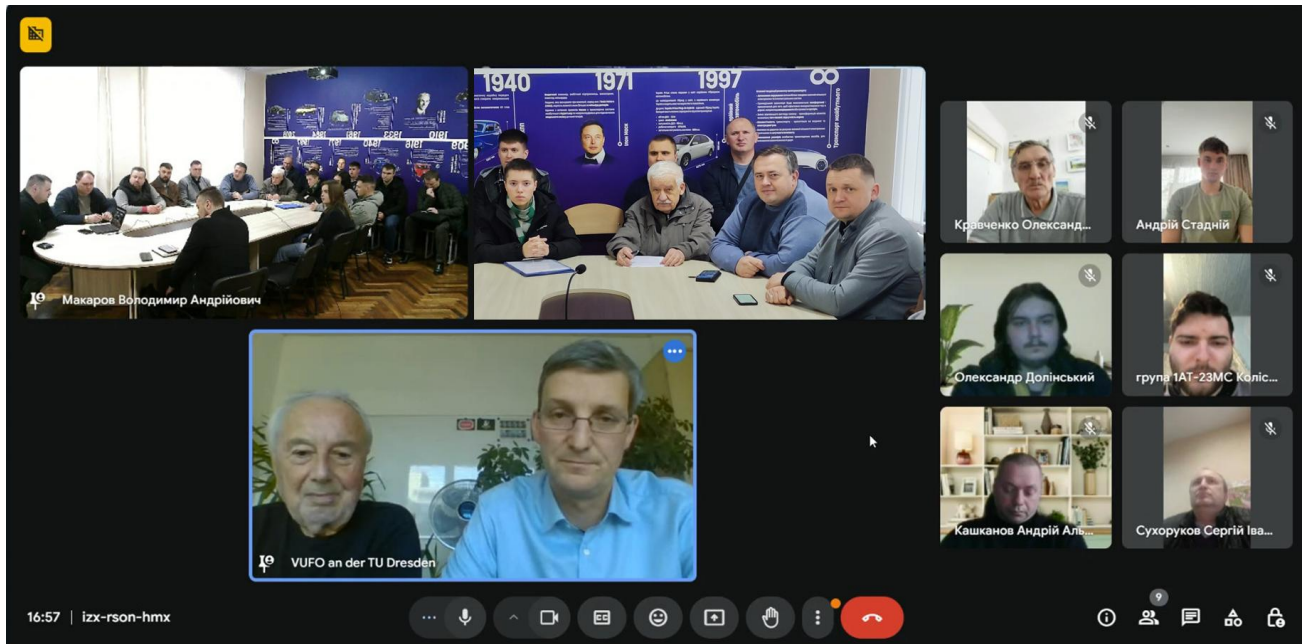


Рис. 2. Сукупна фотоінформація про учасників наукового інтернет-семінару кафедри АТМ ВНТУ

Презентація дослідження ДТП – проект GIDAS



Оповіднення поліцією (командними ситуаційними центрами) та центрами управління рятувальниками.
 Комплексна технічна документація про аварію на місці аварії.
 Медичне обстеження та психологічне обстеження на місці / в лікарні / шляхом опитування.
 Кодування в середньому 3500 окремих одиниць інформації на одну аварію.
 Повністю анонімна обробка даних.
 Реконструкція кожної аварії (зазвичай з PC Crash®).
 Створення цифрового дос'є Ø 150-170 фотографій на ДТП + інші документи.



Рис. 3. Аспекти функціонування ТОВ VUFO при Технічному університеті Дрездена

Презентація дослідження ДТП – Проект DAS



Рис. 4. Основні складові ТОВ VUFO при Технічному університеті Дрездена

Крім того, застосовуються сучасні статистичні моделі та програмне забезпечення для прогнозування ризиків і виявлення закономірностей аварійності, що дозволяє робити більш точні та обґрунтовані висновки.

Особливою рисою роботи таких товариств є поєднання наукового підходу з практичною експертизою. Важливим аспектом є співпраця з державними органами, дорожніми службами та органами місцевого самоврядування для впровадження рекомендацій на місцевому рівні. Використання сучасних технологій, таких як GPS, дрони, системи відеоаналітики та геоінформаційні системи, дозволяє швидко і точно збирати інформацію навіть у складних умовах. Результати досліджень оформлюються у вигляді детальних звітів і науково обґрунтованих рекомендацій щодо підвищення безпеки дорожнього руху, які можуть включати пропозиції щодо зміни розмітки, встановлення дорожніх знаків, обмеження швидкості на небезпечних ділянках, а також експертні висновки для судів, страхових компаній та органів управління дорожнім рухом.

Завдяки такому підходу ТОВ не лише досліджує аварійність, а й активно сприяє зменшенню кількості ДТП та покращенню загальної безпеки на дорогах.

Також розглянуті актуальні теми для проведення наукової роботи (рис. 5). Одним із п'яти вагомих напрямів досліджень є розробка систем для автономного водіння, яка значною мірою залежить від здатності автомобіля правильно інтерпретувати та реагувати на різноманітні дорожні сценарії. З огляду на складність реального дорожнього середовища розробка надійних методів імітації та класифікації дорожніх ситуацій стає критично важливою. Вивчення та систематизація дорожніх сценаріїв дозволяє покращити алгоритми прийняття рішень та зменшити ризики виникнення аварійних ситуацій. Це сприяє підвищенню рівня довіри суспільства до технологій автономного водіння та пришвидшує їхнє широкомасштабне впровадження у транспортну інфраструктуру.

VUFO – Сучасні напрямки досліджень

- Виведення, створення та класифікація сценаріїв для автоматизованого водіння
- Безпека електро/альтернативних приводів при аваріях
- Потенціал мережевих транспортних засобів (C-ITS = кооперативні інтелектуальні транспортні системи)
- Безпека малих електромобілів, педелек і вантажних велосипедів
- Прогнозування моделей травм і ризиків (електронний виклик, оптимізація догоспітальної допомоги)



4

Рис. 5. Візуалізація системи аспектів діяльності VUFO, що представив керівник VUFO Х. Лієрс

Обговорення результатів дослідження

Під час обговорення використовувалися українська, німецька та англійська мови.

Поставлені запитання про зрівняння дієвості окремих складових ТОВ VUFO: німецьких автомобільних заводів, Технічного університету Дрездена, Федерального науково-дослідного інституту автомобільних доріг, транспортної поліції, дослідницькі полігони тощо. Професор Бруннер відповів, що всі складові необхідні для стійкого функціонування системи ТОВ. Коли треба висвітлити таку складну багатовекторну подію як ДТП, кожне з 3500 даних про аварію зібраних ТОВ VUFO може обумовити цілу мережу функцій відгуку, яку в змозі відтворити в моделі тільки конкретний спеціаліст, а потім після обговорення приймається спільне рішення. Нелінійна або мережева модель функції відгуку представлена залежністю:

$$Y = g(h_1(X_1, X_2), h_2(X_3, X_4, X_5) \dots), \quad (1)$$

де X_1 – тип аварії;

X_2 – місце / локація

X_3 – час доби;

X_4 – кількість постраждалих;

X_5 – матеріальні збитки;

X_n – (інші фактори).

h_1, h_2 – проміжні функції відгуку для груп факторів;

g – фінальна функція, яка об'єднує проміжні результати.

Кожний показник h_i залежить від конкретних змінних і даних, а фінальний результат Y сумує всі ефекти.

Структура VUFO перевірена часом і проходила необхідні корегування протягом двох десятиріч. Остання інформація була використана для комплектування каталогу [14]. Керівник VUFO Лієрс підкреслював, що для створення умов щодо перманентного зниження рівня аварійності на автодорогах країни необхідна приватно-державна підтримка. Така має місце у ФРН: між німецькими автомобільними заводами з їхніми інноваційними розробками [15], перспективною інформацією з електронних систем керування та безпеки з одного боку і ТУД, що має інструмент – теорію експлуатаційних властивостей колісних транспортних засобів (КТЗ), який застосовують для рішення задач із БДР спільно з Федеральним науково-дослідним інститутом автомобільних доріг з іншого боку. Варто також урахувати, що Європейська мережа криміналістичних установ має науковий апарат і методологію [16], які використовують в експертизі ДТП.

До важливості використання приватно-державної підтримки реконструкції автодорожніх аварій необхідно додати ще значущий внесок у методи дослідження ДТП суспільної організації ADAC, у якій об'єдналися понад 100

років тому автомобілісти Німеччини [17]. Означена суспільна організація стала полем тяжіння для тих осіб, які хотіли почуватися в безпеці, виконуючи переміщення в просторі великої неінтелектуальної дорожньої мережі. Фонд ADAC фінансує проєкт Energy Equivalent Speed [18]. Раціональний метод розрахунку ударів під час зіткнення КТЗ за допомогою енергетично еквівалентної швидкості. Керівник проєкту дипломований інженер Паскаль Брейтлаух виступив у межах симпозіуму з безпеки дорожнього руху VUFO 2021. Він був нагороджений премією VUFO молодих талантів фонду ADAC [18]. У план співпраці з ТУД можна додати пункт про участь студентів, магістрантів та аспірантів ВНТУ в інтернет-симпозіумах VUFO.

Під час обговорень розглянуті також варіанти проходження практики студентами в регіональних підприємствах, які тісно пов'язані з організацією БДР.

У процесі розгляду шляхів формування викладачами ВНТУ діяльності студентів-автомобілістів зі зниження рівня аварійності на автодорогах (ААД) проаналізована наведена нижче низка аспектів, які дозволяють використати регіони України для розв'язання вагомих завдань із ААД.

1. У кожному регіоні країни існує викладання автомобільних дисциплін, що надає можливість автономно досліджувати означену аварійність для окремої області і створити концепцію щодо зниження рівня аварійності. Далі наведені джерела інформації, які можна та доцільно розглянути для створення такої концепції:

- світова тенденція організації безпеки руху КТЗ;
- стратегічний напрям розвитку БДР, прийнятий галузевою науково-дослідною установою країни (ДП «ДержавтотрансНДІ-проект»);
- діяльність усіх організацій регіону, які можуть знизити рівень аварійності на автодорогах області.

1. Інформуючи студентів про напрями розвитку КТЗ в дисципліні «Вступ до фаху», необхідно підтримувати порядок із інноваційністю та практичністю прийнятих конструктивних рішень також висвітлення проблеми ААД. Це повинно бути першим і важливим етапом в загальній системі освіти автомобіліста (СОА).

2. Особливим є розв'язання проблеми другого етапу СОА, пов'язане з пошуком для здобувача свого шляху розвитку як автомобіліста, усвідомлення, що КТЗ не є безпечним у регіоні для пішоходів та інших учасників дорожнього руху та існує нагальна необхідність в усуненні ААД.

3. Далі система освіти автомобіліста має бути спрямована на виконання практичних робіт із дисципліни «Вступ до фаху» з використанням навчально-методичної літератури на двома мовами.

Отже, важлива інформація науковців VUFO знайшла зацікавлений відгук на науковому семінарі кафедри АТМ. Обговорення мали загальний напрям, що підтримував термінове зниження аварійності на автомобільних дорогах за участі науковців та здобувачів ВНТУ.

Висновки

1. Визначено, що недоцільно залишати без управління високий рівень аварійності, коли дії випадкового збігу неконтрольованих руйнівних факторів призводять до скоєння ДТП в певний час та в певному місці мережі автодоріг області.

2. Поглиблено знання про довгий життєвий цикл та успішність функціонування ТОВ VUFO з дослідження аварійності на автодорогах ФРН у межах наукового інтернет-семінару на рівні VUFO ТУД та кафедри АТМ ВНТУ. Передбачено формування плану подальшої співпраці.

3. Обґрунтовано, що проведений освітньо-комунікаційний захід – недорогий, але ефективний інструмент у довгостроковій перспективі щодо сприяння зниженню рівня аварійності на автодорогах регіону України.

4. Рекомендовано джерела інформації для формування концепції щодо зниження рівня аварійності на мережі автомобільних доріг Вінницької області.

References

1. Kashkanova, A., Bilichenko, V. (2024). Aspects of ensuring road traffic safety in the transport systems of the cities of Ukraine. *Advances in mechanical engineering and transport*, 1 (22), 170–181.
2. Statystyka. Patrolna politsiia Ukrainy. Veb-sait. Retrieved from <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/>
3. Davydovych, O. (2024). Effectiveness of Measures to Prevent Road Accidents: an Overview of Current Strategies and Approaches. *Bulletin of Lviv Polytechnic National University. Series: Legal Sciences*. 11, 2(42), 46–55. Retrieved from <https://doi.org/10.23939/law2024.42.046>.

4. Hlevatska, N. (2023). Optimization of management approaches for the implementation and effectiveness of the safety system management of road. Central Ukrainian Scientific Bulletin. Economic Sciences, 10(43). 114–124.
5. Pyna, O., Petrashenko, O., Yefymenko, R. (2022). Analysis of the influence of technical means of traffic control
7. Kovalenko, L., Hunko, i.s. (2022). Analysis of european and native experience in ensuring road safety. Scientific notes of the V.I. Vernadsky TNU. Series: Technical Sciences, 33 (72), 5, 295–298.
8. Kolodyazhny, M. (2023). Road safety strategies of the EU and foreign countries: collection of normative acts: electronic edition. Research Institute for the Study of Crime Problems named after Acad. V. Stashys, National Academy of Sciences of Ukraine. Kharkiv: Law, 162.
9. Kohut, V. (2024). The role of international cooperation in improving road traffic safety. The collection of «Uzhhorod National University Herald. Series: Law», 85, 365–371.
10. VUFO. (2025). Verkehrsunfallforschung an der TU Dresden. Retrieved from <https://www.vufo.de>
11. Brunner, H., Unger, T., Makarov, V. (2023) On the development of progress in the study of accident rates on German roads. Proceedings of the XI International Scientific and Technical Internet Conference "Problems and Prospects for the Development of Road Transport", April 13-14, 2023: collection of scientific papers / Ministry of Education and Science of Ukraine, Vinnytsia National Technical University [and others]. Vinnytsia: VNTU, 338-340.
12. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2020). On approval of the Strategy for Improving Road Safety in Ukraine for the period until 2024. Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated October 21, 2020, 1360-r. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1360-2020-p?lang=en#Text>
- on the safety of vulnerable road users. Collection of scientific papers "Dorogi i Mosti" (Roads and Bridges). 274–284.
6. Kononenko, A., Popovych, N., Belenchuk, O. (2024). Effectiveness of traffic lights and their role in ensuring road safety. Issue 30. Collection of scientific papers "Dorogi i Mosti" (Roads and Bridges). 353–359.
13. Sydorchenko, P. (2025). Black Wednesday in Vinnytsia region: a series of car wrecks with victims. Retrieved from <https://vinnychany.info/vinnytsia/chorna-sereda-na-vinnychchyni-seriia-avtotroshch-iz-zhertvamy>
14. Allianz Direct. (2024). Verkehrsunfall-statistik in Deutschland: So sicher sind unsere Straßen. Kfz-Unfallstatistiken Deutschland 2024. Retrieved from <https://www.allianzdirect.de/kfz-versicherung/gefaehrlichste-bundeslaender-unfallstatistik>
15. Brunner, H., Liers, H., Makarov, V., Serdyuk, R. (2025). On the need to reduce the accident rate on the roads of the regions of Ukraine. Proceedings of the XIII International Scientific and Technical Internet Conference "Problems and Prospects for the Development of Road Transport", April 15-17, 2025: Collection of Scientific Papers, Ministry of Education and Science of Ukraine, Vinnytsia National Technical University [and others] Vinnytsia: VNTU, 86–90.
16. European Network of Forensic Science Institutes. (2025). Retrieved from <https://enfsi.eu>
17. Allgemeiner Deutscher Automobil-Club. (2025). Retrieved from <https://www.adac.de>
18. ADAC Presse. (2022). Gefördert von der ADAC Stiftung: Abgeschlossenes Energy Equivalent Speed-Projekt setzt Meilenstein in der Unfallrekonstruktion. Retrieved from <https://presse.adac.de/meldungen/adac-stiftung/adac-stiftung/gefoerdert-von-der-adac-stiftung-abgeschlossenes-energy-equivalent-speed-projekt-setzt-meilenstein-in-der-unfallrekonstruktion.html>

© А. М. Онищенко, докт. техн. наук, професор,
завідувач кафедри мостів, тунелів та
гідротехнічних споруд,
ORCID: 0000-0002-1040-4530,
e-mail: onyshchenko.a.m.ntu@gmail.com
(Національний транспортний університет);
© С. С. Завгородній, начальник Центру
мостів та будівельних конструкцій,
ORCID: 0000-0003-1928-4544,
e-mail: serhiy.zavhorodniy@gmail.com
(ДП «НІПІ»)

© Artur Onyschenko, Doctor of Technical
Sciences, Professor, Head of the Bridges,
Tunnels and Hydraulic Structures Department,
ORCID: 0000-0002-1040-4530,
e-mail: onyshchenko.a.m.ntu@gmail.com
(National Transport University);
© Serhii Zavhorodnii, Head of the Center for
Bridges and Building Structures,
ORCID: 0000-0003-1928-4544,
e-mail: serhiy.zavhorodniy@gmail.com
(SE "NIDI")

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО НАТУРНИХ ВИПРОБУВАНЬ МОСТІВ. ДОСВІД УКРАЇНИ ТА СВІТОВА ПРАКТИКА

MODERN APPROACHES TO IN-SITU BRIDGE TESTING IN THE EXPERIENCE OF UKRAINE AND WORLD PRACTICE

Анотація. Представлено результати комплексного дослідження технічного стану автомобільного багатопрогнового залізобетонного мосту на основі поєднання статичних і динамічних випробувань. Проаналізовано методіку випробування американського мосту за публікаційним джерелом та досвід натурного обстеження збірно-монолітного залізобетонного шляхопроводу в Україні. Для обох об'єктів реалізовано програму випробувань, що включала багатоканальні вимірювання прогинів, напружень і прискорень, визначення модальних характеристик і калібрування розрахункових моделей за результатами натурних спостережень.

Порівняння методів продемонструвало їхню близькість та підтвердило, що чинні українські нормативні документи є актуальними порівняно з міжнародними стандартами і забезпечують достовірність оцінки вантажопідйомності та технічного стану споруд. У роботі акцентовано на необхідності ширшого впровадження практики натурних випробувань під час приймання в експлуатацію новозбудованих і реконструйованих мостів, а також за потреби уточнення їхніх фактичних характеристик, що сприятиме підвищенню безпеки й довговічності транспортної інфраструктури.

Ключові слова: автомобільна дорога, власні форми коливань, дефект, статичне випробування, динамічне випробування, жорсткість, міст, модальне контролювання, прогонова будова, технічний стан, вантажопідйомність.

Abstract. The article presents the results of a comprehensive study of the technical condition of a multi-span reinforced concrete highway bridge using a combination of static and dynamic load tests. The testing methodology of an American bridge (according to a published source) and the experience of full-scale testing of a composite reinforced concrete overpass in Ukraine are analyzed. For both structures, the testing program included multi-channel measurements of deflections, stresses and accelerations, identification of modal characteristics, and calibration of analytical models based on field observations.

The comparison of methods demonstrated their similarity and confirmed that the current Ukrainian normative documents remain relevant in relation to international standards and ensure reliable assessment of load-carrying capacity and structural condition. The study emphasizes the need for wider implementation of full-scale testing during commissioning of newly built and reconstructed bridges, as well as when more accurate determination of their actual characteristics is required, which will enhance the safety and durability of the transport infrastructure.

Keywords: highway, natural vibration modes, defect, static testing, dynamic testing, stiffness, bridge, modal monitoring, superstructure, technical condition, load-carrying capacity.

Вступ

Визначення технічного стану мосту є обов'язковим та важливим етапом системи експлуатації автомобільних доріг, оскільки актуальність призначеного споруді технічного стану безпосередньо впливає на планування ремонтно-відновлювальних заходів і підтримання працездатності споруди. Технічний

стан встановлюють залежно від того, наскільки конструкції забезпечують вимоги граничних станів під дією нормативно регламентованих навантажень [1]. У практиці експлуатації це підтверджують шляхом порівняння фактичної вантажопідйомності з характеристичними тимчасовими навантаженнями. Для новозбудованих споруд, а також у випадках, коли розрахунковими методами складно врахувати

реальні умови роботи конструкцій, норми передбачають виконання натурних випробувань [2, 3].

Натурні випробування класифікують за типом прикладеного навантаження на статичні та динамічні. Статичні випробування виконують під дією навантаження, яке не викликає прискорень відносного руху точок конструкції (як правило, нерухоме навантаження від транспортних засобів, розміщених у заданих положеннях). Динамічні випробування проводять під дією сил, що зумовлюють прискорений відносний рух точок елементів і формують коливання, для цього застосовують рухомі транспортні засоби або спеціальні збудовачі коливань. Загальні вимоги до організації та проведення випробувань, складу програм і приймальних критеріїв визначені національними нормативними документами [2–7], а головною метою є отримання натурних даних для уточнення розрахункової моделі споруди та підтвердження розрахункових припущень.

Основна частина

Статичні випробування використовують для фіксації фактичних прогинів і деформацій на відомих рівнях навантаження, перевірки роботи конструкції за максимально наближених до експлуатаційних схем навантаження та, за потреби, для встановлення характеру можливого руйнування. Проведення статичних випробувань, як правило, потребує обмеження або зупинки руху на період випробувань. Ди-

намічні випробування спрямовані на визначення модальних параметрів (власних частот, форм коливань, демпфування), оцінювання ударного впливу рухомого навантаження та аналіз реакції споруди на короткочасні чи періодичні збурення. Збудження вільних коливань імпульсними впливами дає змогу оперативно отримувати інформативні показники за мінімального втручання в організацію руху. Комбіноване застосування статичних і динамічних методів у поєднанні з калібруванням розрахункових моделей за натурними даними зменшує невизначеність оцінювання та підвищує надійність висновків щодо придатності до експлуатації.

Як приклад розглянемо випробування автомобільного багатопрогонового залізобетонного мосту з розвідною секцією у штаті Флорида (США) [8]. Цей міст має довжину 912 м і був побудований у 1964 році (**рис. 1**). Споруда складається з розвідного металевого прогону та залізобетонних прогонів із використанням попередньо-напружених балок AASHTO II з кроком 2,4 м.

Під час цього випробування було проведено статичні та динамічні перевірки, метою яких було уточнення технічного стану споруди та визначення фактичної вантажопідйомності залізобетонних прогонів. Для реєстрації реакції конструкцій під час статичних і динамічних випробувань було використано комплексну систему вимірювань, що фіксувала переміщення, напруження та коливання (**рис. 2**).



Рис. 1. Вид на досліджуваний міст у штаті Флорида (США)

На нижніх поясах головних балок по контрольних точках розмістили потенціометри для контролю прогинів, тензодатчики для визначення напружено-деформованого стану та мережу акселерометрів для оцінки динамічних параметрів. Камери високої роздільної здатності дублювали контроль переміщень і фіксували рух транспорту. Така система забезпечила повне відтворення просторової роботи мосту та надала дані для модального аналізу й калібрування розрахункової моделі.

Для оцінки роботи споруди застосовано комбіновану програму навантаження, що містила статичні та динамічні випробування з двома різними вантажівками. Під час статичних тестів автомобілі послідовно встановлювали на чотири визначені позиції в кожній смузі руху, що дало змогу зафіксувати розподіл навантаження та перевірити лінійність деформацій.

Динамічні випробування відтворювали ті ж схеми, але з рухом автомобілів на регламентованих швидкостях, що дало змогу оцінити реакцію конструкції під час проїзду та визначити динамічний коефіцієнт. Такий підхід забезпечив комплексне уявлення про поведінку мосту за різних режимів експлуатації.

Під час статичних випробувань виконано повний цикл досліджень, спрямованих на визначення несної здатності та оцінку просторової роботи прогонової будови після ремонтних робіт. Основний етап передбачав почергове прикладання навантаження від двох випробувальних вантажівок різної маси та конфігурації осей (**рис. 2**). Кожну машину послідовно встановлювали за чотирма передбаченими схемами у межах кожної смуги руху, що дало змогу відтворити повний цикл впливу зосереджених навантажень по довжині прогону. У контрольованих перерізах, на чверті прольоту, посередині та на трьох чвертях, здійснювали вимірювання переміщень і напружень.

Натурні вимірювання прогинів і напружень, отримані під час статичних випробувань, використано для визначення коефіцієнтів розподілу живого навантаження (**рис. 3**), де максимальні значення становили близько 0,4 під однією вантажівкою та до 0,6 при сумуванні окремих схем навантаження, що підтвердило ефективну поперечну роботу плити. Порівняння з розрахунками за AASHTO та з розрахунковою моделлю показало близьку відповідність отриманих показників за певного запасу безпеки, передбаченого нормативними вимогами.

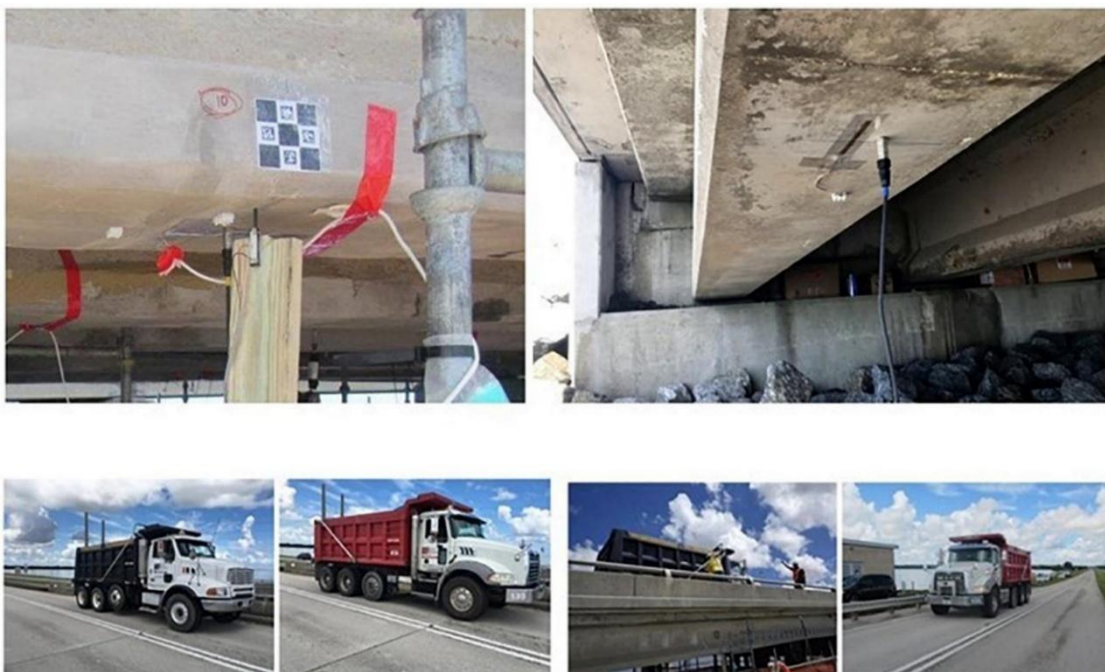


Рис. 2. Процес випробування мосту та датчики, які використовували під час тестування

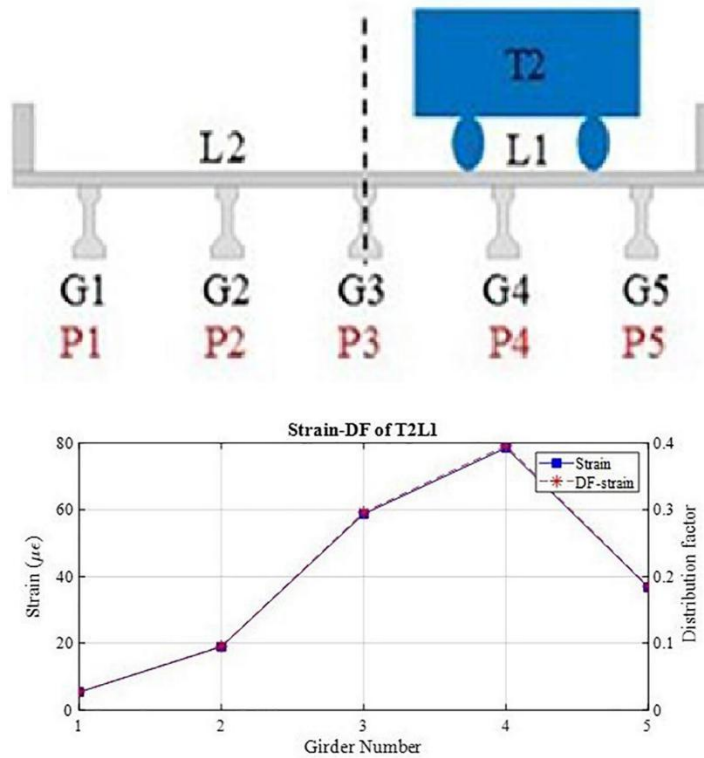


Рис. 3. Розподіл напружень і коефіцієнтів розподілу живого навантаження у головних балках для схеми навантаження

Для перевірки пружної роботи конструкції проведено порівняння реакції прогонової будови на різні рівні навантаження, що підтвердило її лінійність у робочому діапазоні. На основі отриманих коефіцієнтів розподілу навантаження та результатів розрахункової моделі визначено коефіцієнти вантажопідйомності за вимогами AASHTO, що дозволило оцінити фактичну несну здатність прогонової будови мосту. Додатково перевірено експлуатаційну придатність за прогинами: максимальний прогин у середині прольоту становив близько 2,75 мм, що в кілька разів менше граничного значення $L/800$, що для даного прольоту становить 19,8 мм, за нормами AASHTO.

Комплекс проведених робіт показав, що прогонова будова зберігає розрахункову жорсткість, ефективно перерозподіляє навантаження між головними балками та має значний запас несучої здатності. Отримані результати стали основою для уточнення розрахункової моделі, оцінки залишкового ресурсу й підтвердження безпечної експлуатації мосту без обмежень руху.

Динамічні випробування були проведені у форматі модального тестування з визначенням власних частот та форм коливань для оцінки динамічних характеристик мосту, уточнення його розрахункової моделі та подаль-

шого контролю змін жорсткості у процесі експлуатації. Під час руху випробувальної вантажівки зі швидкістю 90 км/год здійснено реєстрацію прискорень у контрольних точках за допомогою п'ятнадцяти акселерометрів. Отримані результати опрацювали методами спектрального аналізу та ідентифікації коливань, що дало змогу за вимірними прискореннями визначити власні частоти, форми коливань і рівень затухання конструкції без потреби у штучному збудженні.

За результатами обробки встановлено, що перша основна форма коливань має характер поперечного згину прогонової будови з власною частотою близько 8,35 Гц. Порівняння отриманих експериментальних даних з уточненою розрахунковою моделлю підтвердило їхню узгодженість і достовірність. Отримані результати засвідчили адекватність моделі та створили основу для подальшого моніторингу змін жорсткості й граничних умов мосту в процесі довготривалої експлуатації.

Загалом використаний комплексний підхід до дослідження мосту на основі поєднання статичних і динамічних випробувань із розвинутою системою вимірювань і подальшим аналітичним опрацюванням даних. Статичні навантаження застосовано для виявлення фактичних ліній впливу, розподілу навантаження

та перевірки роботи конструкції під навантаженням, а динамічні – для визначення власних частот і форм коливань та калібрування розрахункової моделі. Ключовою особливістю методики є інтеграція натурних спостережень із розрахунковою моделлю, що дозволяє зіставити результати натурних вимірювань із теоретичними, які були отримані на основі розрахунків та підвищити точність оцінки технічного стану. Такий підхід забезпечує достовірну основу для подальшого моніторингу технічного стану споруди, оптимізації режимів експлуатації та планування ремонтно-відновлювальних заходів.

Для висвітлення підходів, що застосовуються в Україні, розглянемо приклад випробування залізобетонного шляхопроводу після завершення будівництва, розташованого на заході України. Метою проведення випробувань було отримання фактичних характеристик елементів і конструкцій шляхопроводу для технічної оцінки їх несучої спроможності, визначення реальної вантажопідйомності споруди та підготовка рекомендацій щодо її подальшої експлуатації. Об'єктом дослідження був трипрогоновий збірно-монолітний залізобетонний шляхопровід із розрізною схемою прольотів $21 + 33 + 21$ м та габаритом проїзної частини $\Gamma 11 + 1,8$ м (рис. 4). Проєктні тимчасові навантаження відповідають А15 та НК-100.

Кожна прогонова будова має у поперечнику вісім попередньо напружених збірних залізобетонних балок І-подібного перерізу, об'єднаних монолітною плитою проїзної частини. У межах центрального прогону проходять дві колії залізниці.

Для проведення статичних випробувань як навантаження використано чотири спеціально підготовлені вантажівки **MAN TGS 41.440** (рис. 5). Перед початком робіт кожен автомобіль було зважено з фіксацією його фактичної маси. Схеми навантаження розроблено таким чином, щоб забезпечити максимально рівномірне та показове прикладання зусиль. Було проведено випробування за шістьма схемами завантаження, три з розташуванням колон уздовж одного тротуару та три з їхнім розміщенням уздовж протилежного. У кожній схемі дві вантажівки першого ряду встановлювалися так, щоб їхні задні осі розміщувалися за серединою прогону, а дві вантажівки другого ряду розташовувалися позаду першого ряду максимально щільно із забезпеченням мінімального допустимого зазору (рис. 6, 7).



Рис. 4. Вид на фасад споруди нового шляхопроводу ліворуч за ходом кілометражу

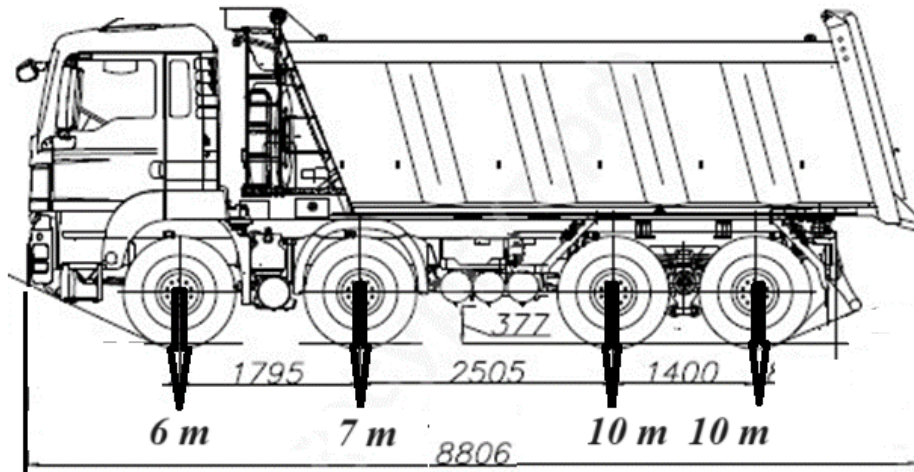


Рис. 5. Схема вантажівки MAN TGS 41.440 масою 33 т

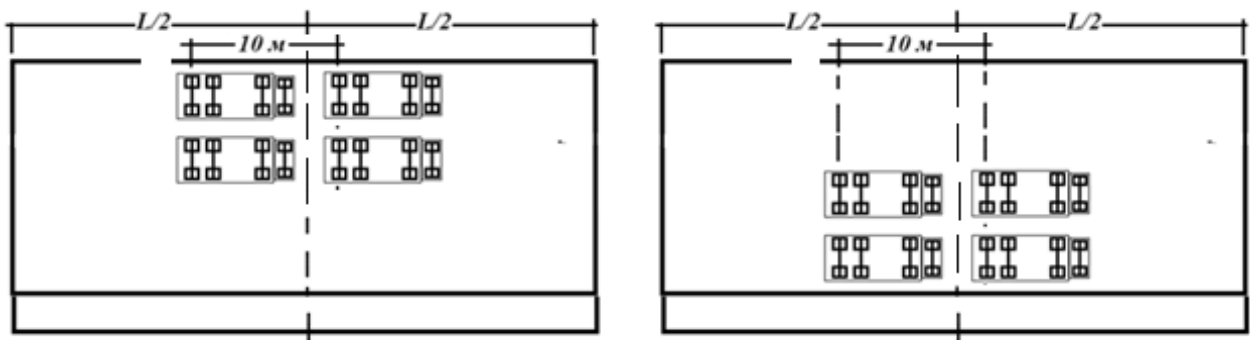


Рис. 6. Дві схеми положення навантаження на прогоновій будові (план)



Рис. 7. Вантажівки, встановлені у прогоні 1-2 (схема 1)

До початку проведення основного циклу статичних випробувань було проведено обкатку. Кожна вантажівка здійснила по кілька проїздів у двох напрямках зі швидкостями від 10 до 40 км/год. Під час обкатки безперервно реєстрували реакцію конструкцій та контролювали показники приладів. За наявності залишкових деформацій понад 5% процедуру повторювали до отримання стабільних результатів.

Після завершення обкатки були проведені основні статичні випробування у порядку нумерації схем навантаження. Перед і після кожного циклу фіксували початкові та кінцеві відліки всіх вимірювальних приладів. На **рис. 7** наведено приклад розташування вантажівок за основною схемою, а на **рис. 8** подано типові графіки зареєстрованих динамічних прогинів головних балок, де чітко відображено проходження кожного автомобіля.

Для визначення модальних характеристик прогонової будови естакади проведено динамічні випробування шляхом реєстрації її коливань під час проїзду одиночних транспортних засобів у процесі обкатки. Збудження здійснювалося без спеціальних ударних пристроїв, виключно за рахунок руху автомобілів, що дозволило зафіксувати

поведінку конструкції в умовах, наближених до експлуатаційних. Застосовані методи модального контролю належать до сучасних підходів динамічного тестування, докладно описаних у статтях [9-14]. У середині прогону 1-2 встановлено вимірювальні прилади для контролю абсолютних вертикальних переміщень (прогинів) головних балок. Сигнали з датчиків записувалися у пам'ять комп'ютера, що дало можливість отримати віброграми та їх амплітудні спектри (**рис. 9**).

Обробку віброграм виконано у програмному комплексі «СпектрУМ», на основі чого визначено власні частоти за нижчими формами коливань і відповідні логарифмічні декременти затухання (**табл. 1**). Отримані параметри рекомендовано використовувати для подальшого моніторингу технічного стану прогонової будови. На **рис. 10** наведено епюри перших власних форм коливань.

Додатково встановлено функцію динамічного коефіцієнта відповідно до вимог ДСТУ 8748 із використанням даних про відгуки конструкції під час проїзду одиночних вантажівок (**рис. 11**). За результатами аналізу динамічний коефіцієнт для розрахункової швидкості руху 60 км/год становить 1,24, а для швидкості 90 км/год – 1,35.

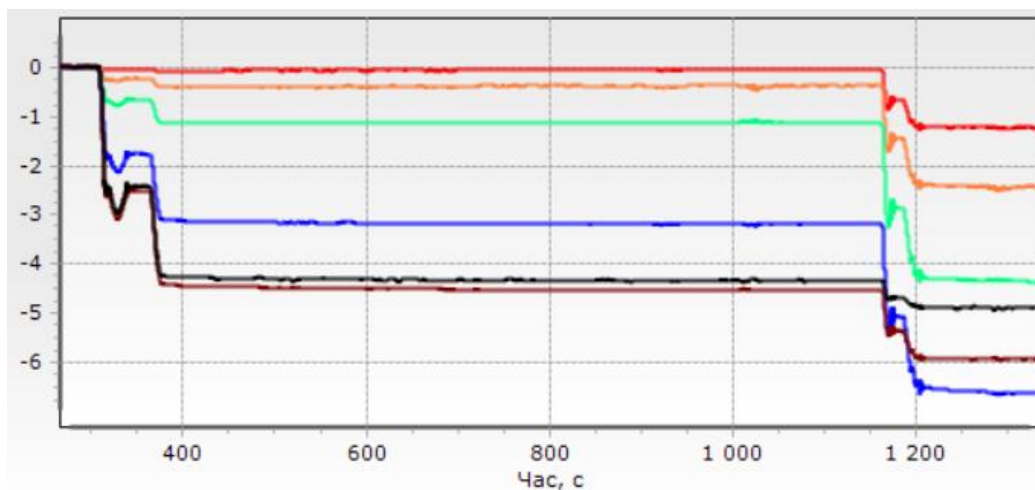
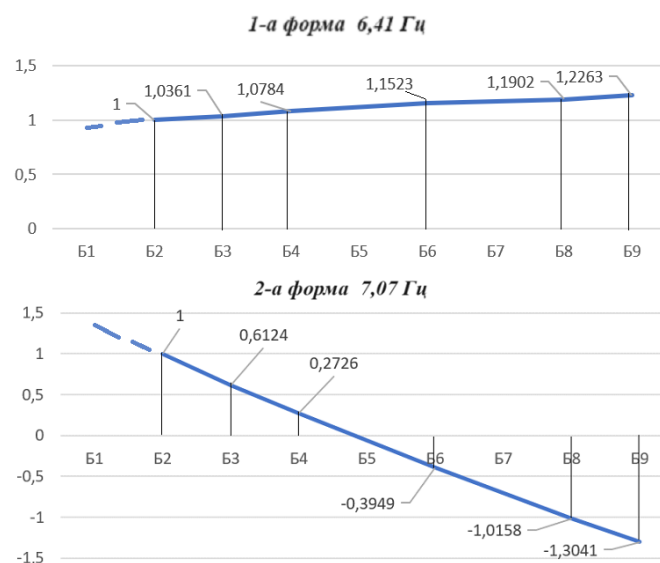


Рис. 8. Графіки прогинів (мм) головних балок прогонової будови естакади за схемою навантаження №1

Таблица 1

Ч/ч	Частота, Гц		Логарифмічний дек- ремент
1	6,41		0,11
2	7,07		0,10



Автошляховик України / Будівництво та цивільна інженерія

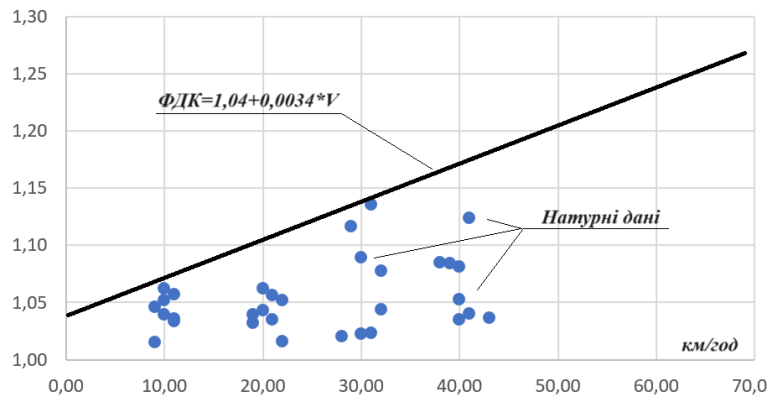


Рис. 11. Функція динамічного коефіцієнту, визначена відповідно до ДСТУ 8748

Аналіз результатів випробувань здійснено шляхом порівняння розрахункових і фактичних відгуків конструкції на дію випробувального навантаження. Для усунення впливу поперечного розподілу між головними балками порівняння проводили за середнім значенням прогину, яке визначали як відношення суми прогинів усіх балок до їхньої кількості. У таблиці 2 наведено співставлення розрахункових і експериментальних значень вертикальних переміщень у середині кожного прольоту та значення конструктивного коефіцієнта $K_{кр}$, що характеризує відношення фактичних показників до розрахункових. Нормативними вимогами передбачено, що цей коефіцієнт має бути меншим за одиницю.

Значення конструктивних коефіцієнтів перебувають у межах 0,81-0,89, що підтверджує наявність запасу міцності реальної споруди порівняно з розрахунковою моделлю. Залишкові прогини зафіксовано на рівні точності вимірювань. Вони не перевищують допустимих значень, установлених нормативами.

На **рис. 12-14** наведено епюри прогинів поперечного перерізу прогонової будови 1-2 при завантаженні різних смуг проїзної частини. Там же подано коефіцієнти поперечного розподілу (КПР) для кожної балки, що були використані під час визначення вантажопідйомності прогонових будов.

Таблиця 2

Порівняння розрахункових та фактичних значень контрольованих відгуків

Контрольований параметр	За розрахунком	За випробуванням	Констр. коеф. $K_{кр}$
Прогин всередині прольоту 1-2, мм	6,28	5,6	0,89
Прогин всередині прольоту 2-3, мм	15,4	12,4	0,81
Прогин всередині прольоту 3-4, мм	6,28	5,2	0,83

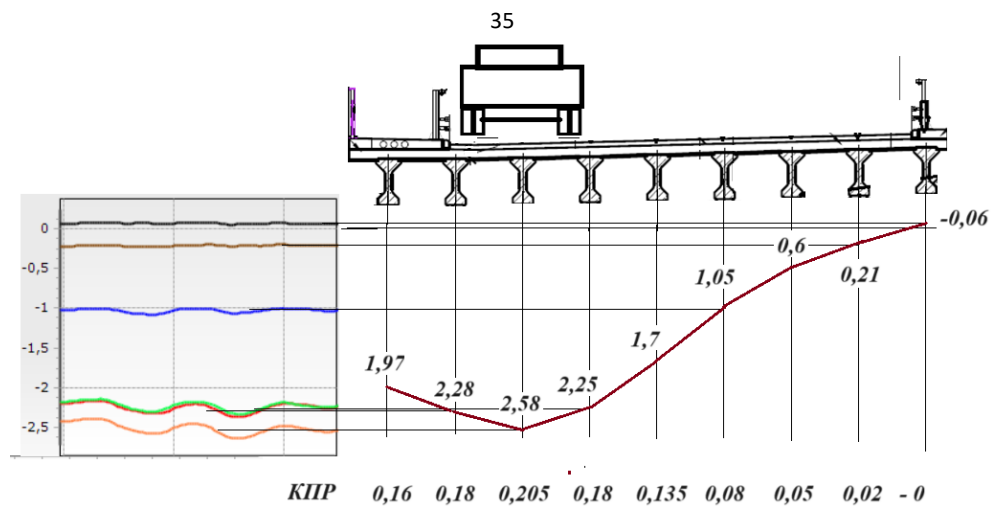


Рис. 12. Епюра прогинів поперечного перерізу прогонової будови 1-2 при завантаженні смуги 1

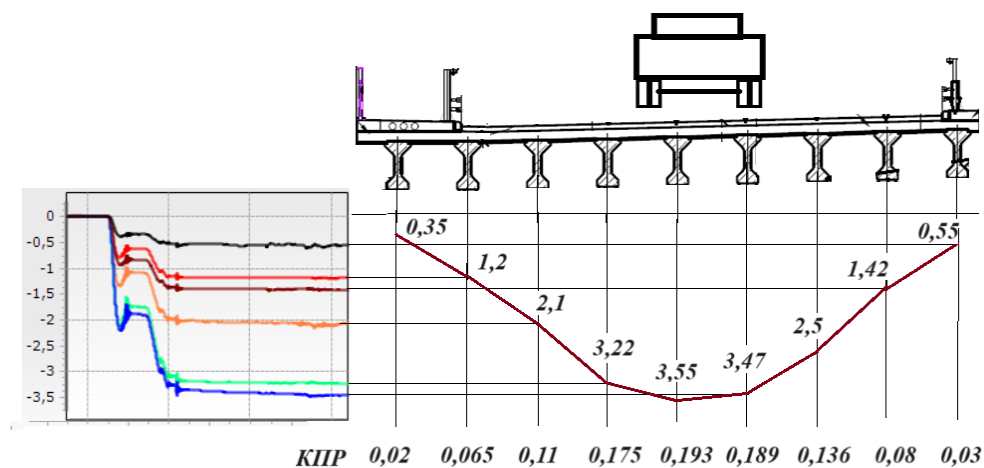


Рис. 13. Епюра прогинів поперечного перерізу прогонової будови 1-2 при завантаженні смуги №2

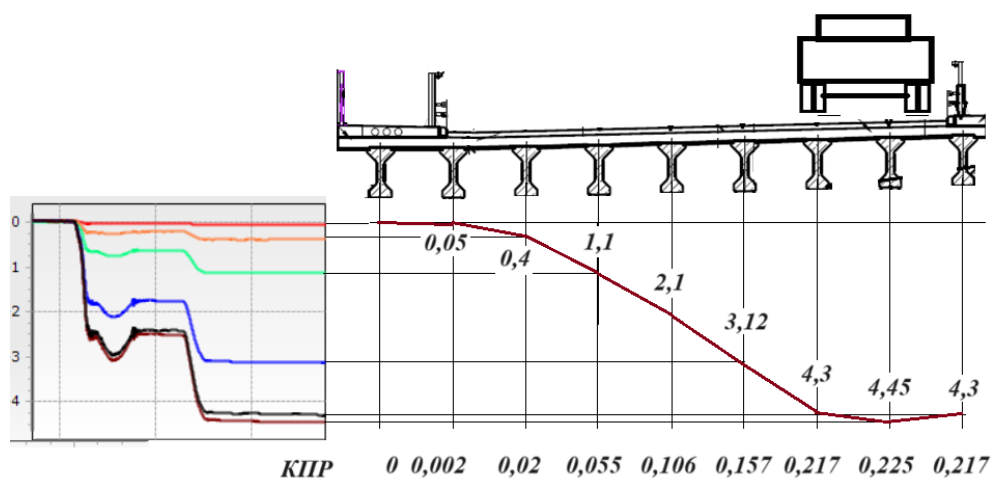


Рис. 14. Епюра прогинів поперечного перерізу прогонової будови 1-2 при завантаженні смуги №2

Граничні згинальні моменти для рухомого навантаження

Довжина балки	Граничний момент, тм	
	За 1-ю групою граничних станів	За 2-ю групою граничних станів
21,0 м	367	240
33,0 м	856	581

Аналіз результатів випробувань показав, що фактичні прогини головних балок відповідають спільній роботі збірних елементів і монолітної плити проїзної частини. Встановлено нерівномірність жорсткості по ширині споруди: сторона прогонової будови з боку тротуару характеризується більшою жорсткістю, ніж протилежна. Цей висновок підтверджують динамічні вимірювання – ординати першої форми власних коливань для балок під тротуаром є меншими, ніж для балок протилежної сторони.

Загалом конструкція працює в умовах, що забезпечують стабільну та оборотну роботу під дією тимчасових рухомих навантажень. Фактична жорсткість прогонових будов перевищує розрахункову завдяки додатковому залученню в роботу монолітної плити тротуару.

За даними натурних обмірів визначено постійні навантаження на головні балки та перевірено умови міцності й тріщиностійкості для проектних рухомих навантажень А-15 і НК-100 із коефіцієнтом надійності за відповідальністю, рівному 1,0. Граничні згинальні моменти для балок довжиною 21 м і 33 м, що працюють спільно з монолітною плитою за відстані між балками 1,6 м, наведено у **табл. 3**.

Отримані значення свідчать про виконання вимог обох груп граничних станів, що підтверджує відповідність вантажопідйомності прогонових будов нормативним рухомих навантаженням А-15 та НК-100.

Згідно з МР В.2.3-37641918-921:2021 «Методичні рекомендації з визначення вантажопідйомності автодорожніх мостів» [7], фактична вантажопідйомність шляхопроводу становить: максимальна маса транспортного засобу в колоні – 46 т (загальний режим руху), максимальне навантаження на вісь – 15 т (загальний режим руху), максимальна маса великогазового транспортного засобу – 100 т

за умови відсутності інших транспортних засобів і швидкості руху до 5 км/год в умовах руху по осі проїзної частини. Технічний стан прогонових будов за вантажопідйомністю оцінюється як справний (1-й стан).

Висновки

Проведене порівняння демонструє близькість українських підходів до випробування мостів до світової практики. Як у США, так і в Україні використовують схожі методи, що передбачають поєднання статичних і динамічних випробувань, багатоканальні вимірювання прогинів, напружень та прискорень, визначення модальних характеристик і калібрування розрахункових моделей за результатами натурних спостережень. Це підтверджує, що вимоги чинних українських нормативних документів залишаються актуальними порівняно з міжнародними стандартами та забезпечують отримання достовірних даних для оцінки технічного стану і вантажопідйомності споруд.

Отримані результати підкреслюють необхідність подальшого поширення практики натурних випробувань на території України, особливо у випадках, коли лише розрахункових методів недостатньо для повної оцінки фактичного стану конструкцій. Застосування таких досліджень під час введення в експлуатацію новозбудованих об'єктів, після реконструкцій чи підсилень, а також на спорудах зі складними умовами роботи сприятиме підвищенню точності визначення реальних експлуатаційних характеристик, своєчасному плануванню ремонтно-відновлювальних заходів та забезпеченню безпечної довготривалої експлуатації мостів.

References

1. SE NIDI. (2009). DBN V.2.3-6:2009 Sporudy transportu. Mosty ta truby. Obstezhennia i vyprovuvannia [State Building Norms (DBN V.2.3-6:2009) Transport facilities. Bridges and pipes. Inspection and testing]. Kyiv, 73. (Information and documentation) [in Ukrainian].
2. SE NIDI. (2009). DBN V.2.3-22:2009 Sporudy transportu. Mosty ta truby. Osnovni vymohy proektuvannia [State Building Code of Ukraine (DBN V.2.3-22:2009) Transport facilities. Bridges and culverts. Basic design requirements]. Kyiv, 40. (Information and documentation) [in Ukrainian].
3. TC 321. (2022). DSTU 9181:2022 Sporudy transportu. Nastanova z otsiniuvannia i prohnozuvannia tekhnichnoho stanu avtodorozhnikh mostiv [State Standard of Ukraine (DSTU 9181:2022) Transport buildings. Instructions for assessing and forecasting the technical condition of road bridges]. Kyiv, 121. (Information and documentation) [in Ukrainian].
4. SE NIDI. (2018). DSTU 8748:2017 Nastanova shchodo provedennia dynamichnykh vyprovuvan avtodorozhnikh mostiv [State Standard of Ukraine (DSTU 8748:2017) Guidelines for dynamic testing of road bridges]. Kyiv, 22. (Information and documentation) [in Ukrainian].
5. TC 321. (2022). DSTU 9123:2021 Nastanova z obstezhennia ta vyprovuvannia mostiv i trub [State Standard of Ukraine (DSTU 9123:2021) Guidelines for the inspection and testing of bridges and pipes]. Kyiv, 43. (Information and documentation) [in Ukrainian].
6. TC 321. DSTU 9280:2024 Nastanova shchodo provedennia statychnykh vyprovuvan avtodorozhnikh mostiv [State Standard of Ukraine (DSTU 9280:2024) Guidelines for the static testing of highway bridges]. Kyiv, 2024. 23 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].
7. SE NIDI. (2021). MR V.2.3-37641918-921:2021 Metodychni rekomendatsii z vyznachennia vantazhopidomnosti avtodorozhnikh mostiv [Methodical Recommendations (MR V.2.3-37641918-921:2021) Guidelines for determining the load-carrying capacity of highway bridges]. Kyiv, 2021. 48 (Information and documentation) [in Ukrainian].
8. Dong, C., Bas, S., Debees, M., Alver, N., & Catbas, F. N. (2020). Bridge load testing for identifying live load distribution, load rating, serviceability and dynamic response. *Frontiers in Built Environment*, 6, 46.
9. Redchenko, Vasyl, Zavorodnii, Serhii. (2024). Dynamic testing of bridges. General overview of methods. *Dorogi i mosti [Roads and bridges]*. Kyiv, 2024. 129. 293–306 [in Ukrainian].
10. Redchenko, Vasyl, Zavorodnii, Serhii. (2023). Dynamic testing of bridges with impulse loading. *Dorogi i mosti [Roads and bridges]*. Kyiv, 2023. 28, 185–194 [in Ukrainian].
11. Redchenko, V. P. (2012). Development of methods for dynamic testing of bridges and spectral analysis algorithms for processing their results: Doctor of Technical Sciences: specialty 05.23.01. Dnipro, 2012. [in Ukrainian].
12. Redchenko, V. P. Vyznachennia rozpodilu zusyl mizh balkamy prohonovoi budovy za rezultatamy yii vyprovuvannia impulsnym navantazhenniam. *Zbirnyk. naukovyh prats Ukrainskoho nauk.-doslidn. ta proektnoho instytutu stalevykh konstruktsii imeni V. M. Shymanovskoho*, 3, 165–171. [in Ukrainian].
13. Redchenko, V. P. (2010). Identyfikatsiia defektiv sporud metodamy dynamichnoi diahnostryky. *Stroytelstvo, materyalovedenye, mashynostroenye*, 52, 2, 100–104. [in Ukrainian].
14. Redchenko, V. P. (2010). Rozvytok metodiv dynamichnykh vyprovuvan avtodorozhnikh mostiv. *Visnyk natsionalnoho universytetu «Lvivska politekhnika»*, 664, 164–171. [in Ukrainian].

© Є. М. Зелінський, завідувач випробувальної лабораторії,
 ORCID: 0000-0001-9129-3838,
 e-mail: ezelinsky@insat.org.ua;
 © Ю. А. Лапшин, заступник завідувача випробувальної лабораторії,
 ORCID: 0000-0003-2716-0613,
 e-mail: ulapshin@insat.org.ua
 © В. О. Лич, провідний інженер
 ORCID: 0000-0001-6727-0580,
 e-mail: vlich@insat.org.ua
 (випробувальна лабораторія загальної та пасивної безпеки транспортних засобів, ДП «ДержавтотрансНДІпроект»)

© Evgen Zelinsky, Head of the General and Passive Testing Laboratory,
 ORCID: 0000-0001-9129-3838,
 e-mail: ezelinsky@insat.org.ua;
 © Yuri Lapshin Deputy Head of the General and Passive Testing Laboratory,
 ORCID: 0000-0003-2716-0613,
 e-mail: ulapshin@insat.org.ua;
 © Vasil Lich, Leading Engineer,
 ORCID: 0000-0001-6727-0580,
 e-mail: vlich@insat.org.ua
 (General and Passive Testing Laboratory Safety of Vehicles, SE "DerzhavtotransNDIprojekt")

ОБНОВЛЕНА ВЕРСІЯ СТАНДАРТУ ДСТУ 7013:2024 «АВТОБУСИ СПЕЦІАЛІЗОВАНІ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ШКОЛЯРІВ. ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ»

UPDATED VERSION OF STANDARD DSTU 7013:2024 "BUSES SPECIALIZED FOR THE TRANSPORTATION OF SCHOOL STUDENTS. TECHNICAL REQUIREMENTS"

Анотація Розглянуто стандарт ДСТУ 7013:2009 «Автобуси спеціалізовані для перевезення школярів. Технічні вимоги». Перегляд стандарту передбачав:

- актуалізацію нормативної бази, а саме вилучення нормативних документів, які втратили чинність в Україні, застосування нормативних документів на заміну тих, що втратили чинність, застосування нових нормативних документів;
- уніфікацію конструкції КТЗ та його складових передбачала вибір оптимального класу базового автобуса, застосування сидінь пасажирських одного типорозміру для учнів всіх вікових груп;
- впровадження сучасних вимог безпеки, а саме застосування на всіх сидіннях пасажирських триточкових ременів безпеки з прямою лямкою, яку додатково використовують для учнів молодших класів.
- для забезпечення комфортності перевезення учнів у весняно-літній період облаштування шкільних автобусів кондиціонером;
- для забезпечення доступності та для учнів з обмеженою мобільністю, що користуються кріслом колісним застосування вимог встановлених у Додатку 8 Правил ООН №107-05 Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження колісних транспортних засобів категорій M2 та M3 стосовно їхньої загальної конструкції».
- для забезпечення нормальних евакуаційних можливостей була скасована схема розміщення сидінь для учнів п'ять в одному ряду (3+2).

Ключові слова: автобус спеціалізований, учень, учні молодших, середніх та старших класів, учень з обмеженою мобільністю, крісло колісне, підйомач, апарель, ремінь безпеки, пряма лямка.

Abstract. The article examines directions for revising the DSTU 7013:2009 standard "Buses specialized for the transportation of schoolchildren. Technical requirements". The revision of the standard provided for:

- updating of the regulatory framework, namely removal of regulatory documents that have lost their validity in Ukraine, application of regulatory documents to replace those that have lost their validity, application of new regulatory documents;
- the unification of the design of the bus and its components provided for the selection of the optimal class of the base bus, the use of passenger seats of the same standard size for students of all age groups;
- introduction of modern safety requirements, namely the use of three-point passenger safety belts with a guide strap on all seats, which are additionally used for students of younger grades;

- *to ensure the comfort of student transportation in the spring and summer period, equipping school buses with air conditioning;*
- *to ensure accessibility and for students with limited mobility who use a wheelchair, the application of the requirements established in Annex 8 of the UN Regulations No. 107-05 Uniform technical prescriptions for the official approval of wheeled vehicles of categories M2 and M3 regarding their general design;*
- *to ensure normal evacuation possibilities, the arrangement of seats for students five in one row (3+2) was canceled.*

Keywords: *specialized bus, student, students of junior, middle and senior classes, student with limited mobility, wheelchair, hoist, equipment, safety belt, guide strap.*

Вступ

Вирішення питання постійного, безбар'єрного та безпечного перевезення учнів і педагогічних працівників (супроводжуваних осіб), які проживають за межами пішої доступності до навчальних закладів здійснюється в Україні шляхом використання для таких перевезень спеціалізованих транспортних засобів, а саме **шкільних автобусів**.

Основна частина

За визначенням наведеним у Законі України **«Про автомобільний транспорт» «транспортний засіб спеціалізованого призначення** – транспортний засіб, який призначений для перевезення **певних категорій пасажирів** чи вантажів (автобус для перевезення дітей, осіб з інвалідністю, пасажирів певних професій, самоскид, цистерна, сидельний тягач, фургон, спеціалізований санітарний автомобіль екстреної медичної допомоги, автомобіль інкасації, ритуальний автомобіль тощо) та має спеціальне обладнання (таксі, броньований, обладнаний спеціальними світловими і звуковими сигнальними пристроями тощо). **Такі транспортні засоби, крім обов'язкових вимог, що встановлені в «Порядку затвердження конструкції транспортних засобів, їх частин та обладнання»**, повинні відповідати додатковим вимогам, пов'язаним зі специфікою перевезень, в нашому випадку – перевезенням учнів.

У 2009 році в Україні був прийнятий стандарт ДСТУ 7013:2009 «Автобуси спеціалізовані для перевезення школярів», яким були встановлені технічні вимоги до конструкції спеціалізованих автобусів для перевезення учнів.

Більш ніж 10 річний досвід виробництва та експлуатації, перевірки автобусів на відповідність вимогам ДСТУ 7013:2009 та організації перевезень учнів вказав на необхідність

перегляду цього стандарту, який і був здійснений фахівцями ДП «ДержавтотрансНДІпроект».

Під час перегляду були враховані пропозиції українських заводів-виробників шкільних автобусів:

- ТОВ «ЧЕРНІГІВСЬКИЙ АВТОЗАВОД»;
- АТ «ЧЕРКАСЬКИЙ АВТОБУС»;
- ВАТ «УКРАВТОБУСПРОМ»;
- ВАТ «АВТОСКЛАДАЛЬНИЙ ЗАВОД №1» БОГДАН;
- ПРАТ ЗАЗ та МОН України, а саме «Інституту модернізації змісту освіти».

Перегляд стандарту здійснювався за такими критеріями:

- актуалізація нормативної бази;
- уніфікація конструкції автобусів та складових частин;
- застосування сучасних вимог безпеки, комфорту та доступності для учнів з обмеженою мобільністю, що користуються кріслом колісним.

Актуалізація нормативної бази

Актуалізація стандарту передбачала вилучення стандартів, які втратили чинність в Україні, заміну їх на тотожні, що чинні в Україні та введення нових стандартів. Із тексту стандарту були:

- вилучені 3 стандарти (ГОСТи), які втратили чинність в Україні, а саме: ГОСТ 12.1.044, ГОСТ 12.2.037 та ГОСТ 30475;
- замінені 8 нормативних документів, а саме ДСТУ UN/ECE R14, ДСТУ UN/ECE R16, ДСТУ UN/ECE R25, ДСТУ UN/ECE R28, ДСТУ UN/ECE R36, ДСТУ UN/ECE R52, ДСТУ UN/ECE R66, ДСТУ UN/ECE R, які втратили чинність, на відповідні Правила ООН №14, Правила ООН №16, Правила ООН №25, Правила ООН №28, Правила ООН №52, Правила ООН №66, Правила ООН №80;
- введені 6 нових Правил ООН:

- Правила ООН №39, що встановлюють вимоги до механізмів виміру швидкості, одометрів;
 - Правила ООН №44, що встановлюють вимоги до пристроїв для утримання дітей, що перебувають у механічних транспортних засобах,
 - Правила ООН №46, що встановлюють вимоги до пристроїв непрямого огляду в механічних транспортних засобах;
 - Правила ООН №65, що встановлюють вимоги до спеціальних запобіжних вогнів, що встановлюються на транспортні засоби;
 - Правила ООН №89, що встановлюють вимоги до обмежувачів швидкості;
 - Правила ООН №107, що встановлюють вимоги до загальної конструкції автобусів категорії M2 та M3;
- введені 7 нових стандартів:
- ДСТУ 2984 «Засоби транспортні дорожні. Типи. Терміни та визначення»;
 - ДСТУ 3587 «Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці і залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану»;
 - ДСТУ 3849 «Дорожній транспорт. Кольорографічні схеми, розпізнавальні знаки, написи та спеціальні сигнали оперативних, спеціалізованих та спеціальних транспортних засобів. Загальні вимоги»;
 - ДСТУ 8829 «Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення.



Рис. 1. Клас В – автобус пасажиромісткістю до 22 пасажирів

Класифікація»;

- ДСТУ ISO 3779:2012 «Колісні транспортні засоби. Номер ідентифікаційний транспортного засобу (VIN). Зміст і структура»;
- ДСТУ ISO 3780:2012 «Колісні транспортні засоби. Код міжнародний ідентифікаційний виробника (WMI). Зміст і структура»;
- ДСТУ ISO 4030:2012 «Колісні транспортні засоби. Номер ідентифікаційний транспортного засобу (VIN). Розташування та спосіб нанесення (ISO 4030:1983, IDT)».

Уніфікація конструкції автобусів

Уніфікація конструкції автобусів була направлена на встановлення раціональної кількості базових конструкцій автобусів загального призначення, які доцільно з економічного погляду використовувати для виготовлення шкільних автобусів, зменшення варіантів виконання, застосування сидінь пасажирських одного типу розміру для учнів всіх вікових груп.

Аналіз існуючих конструкцій шкільних автобусів показав, що українські виробники переважно застосовують як базові конструкції автобусів ті, які відповідають класифікації за Правилами ООН №107:

- автобуси пасажиромісткістю до 22 пасажирів включно і класифікуються як автобуси класу В (**рис. 1**);

- автобуси пасажиромісткістю понад 22 пасажирів і класифікуються як автобуси класу II (**рис. 2**).



Рис. 2. Клас II – автобус пасажиромісткістю понад 22 пасажирів

Нова редакція стандарту передбачає три виконання автобусів:

- виконання 1 – для перевезення учнів всіх вікових груп;
- виконання 2 – для перевезення тільки учнів, які користуються кріслом колісним та осіб, які їх супроводжують;
- виконання 3 – для перевезення учнів всіх вікових груп та учнів, що користуються кріслом колісним.

Щодо уніфікації сидінь, то у стандарті визначено один типорозмір, який має однакову висоту, ширину та глибину подушки сидіння, інтегрований підголовник, відкидний поручень із боку проходу та триточковий ремінь безпеки для всіх вікових груп учнів. Зокрема кожне сидіння пасажирське має в комплекті напрямну лямку, що використовується під час перевезення учнів молодших класів. Щодо кроку розташування сидінь, то він прийнятий не менше 65 см для всіх вікових груп учнів. Застосування уніфікованого сидіння пасажирського (рис. 3) для всіх вікових груп та однакової відстані між ними дає змогу стовідсотково використовувати місця для учнів протягом всього часу експлуатації автобуса, враховуючи, що кількість учнів у вікових групах щороку в кожній школі змінюється. Також це дає змогу перевозити учнів тільки молодших класів або тільки середніх та старших класів на культурно-масові заходи (екскурсії, театри, музеї, спортивні змагання тощо).



Рис. 3. Сидіння пасажирське

Вимоги безпеки

Передусім було проаналізовано схему планування пасажирського салону 5 сидінь в одному

ряду (3+2), яка була присутня у версії стандарту 2009 р. (рис. 4).

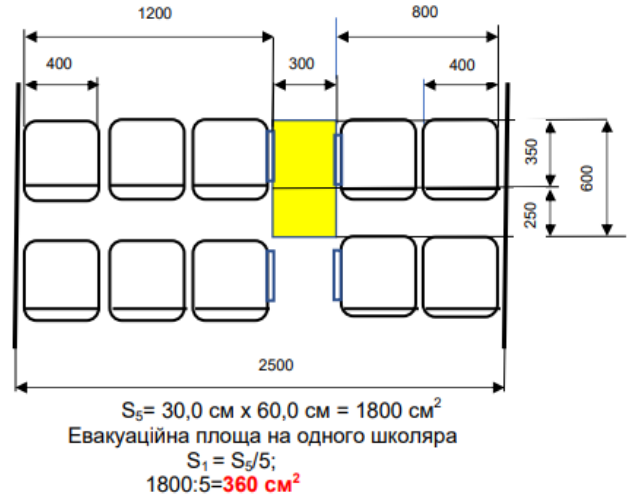


Рис. 4. Схема планування п'ять в ряд (3+2)

Розрахунки показують, що виконання такого планування можливе лише за умови, що ширина всіх сидінь буде не більше 34 см, а загальна ширина автобуса не менше 2500 мм. У такому разі ширина основного проходу становитиме мінімально допустиму ширину 300 мм. Отже, таке планування можливо здійснити тільки в автобусах шириною не менше 2500 мм, які будуть придатні для перевезення тільки учнів молодших класів.

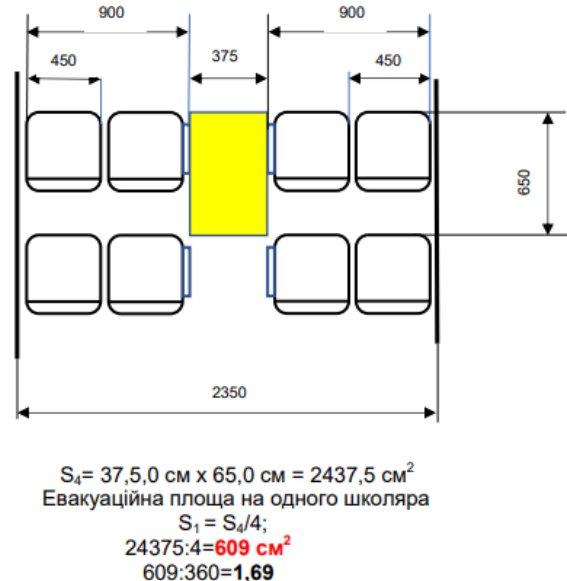


Рис. 5. Схема планування чотири в ряд (2+2)

Аналіз евакуаційних можливостей в такому автобусі (чотири сидіння в одному ряду (2+2), з шириною сидіння 400 мм) в порівнянні з

автобусом, що має меншу загальну ширину 2350 мм, показав, що ширина основного проходу може становити 375 мм. Тобто за таких характеристик автобус має евакуаційну площу на одного пасажера майже вдвічі більшу.

Таким чином схема планування п'ять сидінь в одному ряду в порівнянні зі схемою планування чотири сидіння в одному ряду:

- насамперед значно погіршує евакуаційні можливості основного проходу, і це для учнів молодших класів;
- потребує відмовитися від уніфікованих сидінь;
- можлива лише для автобусів шириною не менше 2500 мм.
- не забезпечує можливість перевозити дітей середніх і старших класів.

Враховуючи зазначене вище вказана схема планування пасажирського салону була вилучена.

Застосування уніфікованого сидіння пасажирського з триточковими ремнями безпеки (рис. 6) передбачає застосування дитячих утримуючих систем згідно з вимогами Правил ООН №44. Такі утримуючі системи, в порівнянні з двоточковими (рис. 7), забезпечують надійне розташування дітей на сидіннях, зокрема учнів молодших класів, й у разі зіткнення або різкого гальмування транспортного засобу зменшують



Рис. 6. Триточковий ремінь безпеки з дитячою утримуючою системою «Напрямна лямка»



Рис. 7. Двоточковий ремінь безпеки

небезпеку травмування дитини, шляхом обмеження рухливості її тіла.

Правила ООН №44 поділяють дитячі утримуючі системи (ДУС) на п'ять вагових груп:

- група 0 – для дітей вагою не більше 10 кг;
- група 0+ – для дітей вагою не більше 13 кг;
- група I – для дітей вагою від 9 до 18 кг;
- група II – для дітей вагою від 15 до 25 кг;
- група III – для дітей вагою від 22 до 36 кг.

Згідно з антропометричними даними учні першого-четвертого класів (віком від 6 до 11 років) мають середню вагу від 20,4 кг до 34,9 кг, для яких застосовуються дитячі утримуючі системи категорій універсальні та напівуніверсальні. Ці категорії передбачають застосування триточкових ременів безпеки в комплекті з додатковою подушкою (бустером (рис. 8), комплектом лямок або гнучких компонентів із пряжками (напрямна лямка) (рис. 9)).



Рис. 8. Бустер



Рис. 9. Напрямна лямка

Приклад застосування триточкового ременя безпеки з напременною лямкою показано на **рис. 10**, а розміщення самої напременної лямки на триточковому ремені безпеки на **рис. 11**.



Рис. 10. Застосування напременної лямки в автобусах для перевезення дітей



Рис. 11. Розташування напременної лямки з триточковим ременем безпеки

Для забезпечення кращої оглядовості салону автобуса та ззовні автобуса в стандарті передбачена необхідність застосування додаткових пристроїв непрямого огляду: дзеркал переднього огляду класу VI згідно з Правилами ООН №46 та можливості застосування систем відеонагляду «відеокамера-монітор».

Вимоги комфорту та доступності

Враховуючи зміни клімату в Україні, відсутність можливості перевірити систему обігріву салону автобуса за методикою, яка передбачає таку перевірку при зовнішній температурі повітря -25°C , та зважаючи на характеристики системи обігріву салону автобусів, що експлуатуються, в Україні була встановлена норма, яка забезпечує належний тепловий режим у салоні автобуса – потужність системи обігріву повинна бути не меншою $5\text{ кВт на } 10\text{ м}^3$ пасажирського салону. Також стандарт для покращення кліматичних умов у салоні автобуса у весняно-літній період передбачає встановлення кондиціонера.

Щодо питань доступності, то вимоги, які забезпечують легкість доступу в автобус осіб, що користуються кріслом колісним, були встановлені в додатку 8 «Місця та доступ для пасажирів з обмеженою мобільністю» Правил ООН №107, зокрема вимоги до дверей, підіймача (**рис. 12**), апарелі (**рис. 13**) та інших пристроїв.



Рис. 12. Підіймач



Рис. 13. Апарель

Щодо розміщення в салоні автобуса стандарт передбачає перевезення такого учня на спеціальному сидінні (**рис. 14**), яке має більшу ширину та глибину подушки сидіння, спинку, що має можливість змінювати кут нахилу, має два відкидних підлокітника та додаткові опори для голени та стопи (**рис. 15**).



Рис. 14. Розташування спеціальних сидінь в автобусі



Рис. 15. Сидіння спеціальне

Автошляховик України / Автомобільний транспорт

Висновки

Оновлена версія стандарту дала змогу вирішити питання, які забезпечили:

- спрощення виробництва автобусів;
- стовідсоткове використання місць пасажирських, яке не залежить від вікових груп учнів;
- виконання вимог нормативних документів щодо перевезення дітей із застосуванням дитячих утримуючих систем;
- покращення евакуаційних властивостей шкільних автобусів;
- оновлення вимог до мікроклімату в салоні автобуса;
- застосування вимог до систем посадка-висадка та доступу осіб, що користуються кріслом колісним.

References

1. Verkhovna Rada of Ukraine. (2017). Law of Ukraine "On Education" No. 2145-VIII. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text>
2. Verkhovna Rada of Ukraine. (1993) Law of Ukraine "On Road Traffic" No. 3353-XII. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3353-12#Text>
3. Verkhovna Rada of Ukraine. (2001). Law of Ukraine "On Road Transport" No. 2344-III. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14#Text>
4. UNECE. (1958). The text of the 1958 agreement. Agreement concerning the Adoption of Harmonized Technical United Nations Regulations for Wheeled Vehicles, Equipment and Parts which can be Fitted and/or be Used on Wheeled Vehicles and the Conditions for Reciprocal Recognition of Approvals Granted on the Basis of these United Nations Regulations (Revision 3). Retrieved from: <http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs.html>
5. UNECE. (1958). Regulation No. 44 (Revision 3) «Uniform provisions concerning the approval of restraining devices for child occupants of power-driven vehicles ("Child Restraint Systems")», (2014) (E/ECE/324/Rev.1/Add.43/Rev.3E/ECE/TRANS/505/Rev.1/Add.43/Rev.3). Retrieved from: <https://unece.org/transport/vehicle-regulations-wp29/standards/addenda-1958-agreement-regulations-41-60>
6. UNECE. (1958). Regulation No. 107 (Revision 4) «Uniform provisions concerning the approval of category M2 or M3 vehicles with regard to their general construction», (2014) (E/ECE/324/Rev.2/Add.106/Rev.4–E/ECE/TRANS/505/Rev.2/Add.106/Rev.4). Retrieved from: https://unece.org/transport/vehicle-regulations-wp29/standards/addenda-1958-agreement-regulations-101-120#accordion_5
7. Ministry of Infrastructure of Ukraine. (2012). Order No. 521 "On the approval of the Procedure for approval of the design of vehicles, their parts and equipment and the Procedure for maintaining a register of type certificates of vehicles and equipment and certificates of conformity of vehicles or equipment issued by manufacturers". Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1586-12#Text>

© Д. М. Матвійчук, аспірант,
ORCID: 0009-0007-4116-2937,
e-mail: ndirir95@gmail.com
(Вінницький національний технічний
університет)

© Dmytro Matviichuk, Postgraduate,
ORCID: 0009-0007-4116-2937,
e-mail: ndirir95@gmail.com
(Vinnytsia National Technical University)

ВПЛИВ ПОКРАЩЕНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ

IMPACT OF IMPROVED OPERATIONAL RELIABILITY OF DIESEL ENGINES ON THE EFFICIENCY OF TRANSPORT PROCESSES

Анотація. Досліджено вплив підвищення експлуатаційної надійності дизельних двигунів на ефективність роботи автотранспортних підприємств (АТП). Наведено статистичний аналіз простоїв автопарку через відмови двигунів, оцінено діагностичні методи і представлено можливості виконання діагностики віброакустичним методом. Окремо розглянуто економічний ефект від впровадження моніторингу технічного стану (СВМ), зокрема за рахунок зменшення витрат на ремонт технічних засобів і збільшення продуктивності праці підприємства. За допомогою сучасних практик і відкритих статистичних даних показано, що впровадження систем моніторингу з використанням діагностичних засобів загалом та віброакустичних сенсорів зокрема, дозволяє суттєво зменшити час простою та підвищити надійність автопарку рухомого складу. Запропоновано рекомендації щодо організації динамічного моніторингу технічного стану транспортних засобів (ТЗ), що базуються на поєднанні технічних засобів для віброакустичної діагностики та інформаційних технологій обробки та збереження інформації, яка в подальшому використовується для аналізу технічного стану ТЗ в будь-який момент часу.

Актуальність теми обумовлена проведенням аналізом рухомого складу АТП України та закордонних підприємств, у результаті чого можна зробити висновок, що саме дизельні двигуни є основними агрегатами, які використовують на ТЗ. Також встановлено, що значна частина простоїв рухомого складу пов'язана з відмовами силових установок. Показано, що впровадження систематичної діагностики, зокрема віброакустичного контролю, дозволяє своєчасно виявляти дефекти, прогнозувати залишковий ресурс і зменшувати частоту критичних несправностей. Узагальнено організаційні аспекти впровадження діагностичного супроводу в умовах АТП. Результати можуть бути використані для оптимізації графіків технічного обслуговування та зниження витрат на експлуатацію рухомого складу.

Ключові слова: дизельний двигун, експлуатаційна надійність, простої, діагностика, віброакустичний контроль, СВМ, автотранспортне підприємство.

Abstract. This article explores the impact of enhanced operational reliability of diesel engines on the efficiency of motor transport enterprises (MTE). A statistical analysis of fleet downtime caused by engine failures is conducted, and various diagnostic methods are assessed, with a focus on the potential of vibroacoustic diagnostics. The economic benefits of implementing condition-based maintenance (CBM) are highlighted, particularly the reduction in repair costs and the improvement in labor productivity.

The study demonstrates, using modern practices and open-source statistical data, that the implementation of monitoring systems equipped with diagnostic tools – especially vibroacoustic sensors – significantly reduces vehicle downtime and improves fleet reliability. Recommendations are provided for organizing dynamic monitoring of the technical condition of transport vehicles, based on the integration of vibroacoustic diagnostic equipment and digital information processing systems, enabling real-time condition assessment.

The relevance of this study is supported by the analysis of vehicle fleets in Ukraine and abroad, confirming that diesel engines are the primary power units used in commercial transport. It is also shown that a considerable share of fleet downtime is related to powertrain failures. Systematic diagnostics, including vibroacoustic monitoring, facilitate early fault detection, remaining service life forecasting, and a reduction in critical failures. The proposed organizational approaches can be applied to optimize maintenance schedules and reduce operating costs across the vehicle fleet.

Keywords: diesel engine, operational reliability, downtime, diagnostics, vibroacoustic monitoring, CBM, motor transport enterprise.

Вступ

Стан і надійність дизельних двигунів безпосередньо впливає на ефективність роботи автомобільних перевезень. Наприклад, згідно з відкритими статистичними даними, вантажний транспорт у США забезпечує близько 72,5 % перевезень, тому незаплановані

простої техніки призводять до значних збоїв у логістичних ланцюгах. Економічні витрати від незапланованого простою одного вантажного автомобіля можуть сягати 448–760 дол. США. Тобто навіть незначне скорочення простоїв за рахунок підвищення надійності двигунів приводить до суттєвих економічних заощаджень

та зменшення накладних витрат. Разом із тим Україна й інші країни потребують адаптації цих практик до наявних умов. Необхідно враховувати сучасні тенденції ймовірного зростання частки даних Internet of Things (IoT), вимоги до екології та наявну матеріально-технічну базу автотранспортних підприємств (АТП). Важливим є також аналіз основних причин відмов двигунів і відповідних заходів щодо їхнього попередження. Ця проблема потребує системного підходу – від аналізу даних про відмови до впровадження передових методів діагностики й моніторингу технічного стану транспортних засобів (ТЗ).

З розвитком діагностичних технологій оцінка технічного стану дизелів стала одним із ключових факторів забезпечення їхньої надійності. Адже своєчасне виявлення відхилень у роботі двигуна не лише зменшує ймовірність серйозних поломок, а й сприяє подовженню його експлуатаційного ресурсу. У практичних умовах діагностика використовується не лише для локалізації несправностей, а й як профілактичний інструмент під час планового технічного обслуговування. Висока варіативність конструктивних особливостей дизельних двигунів, а також різноманіття умов їхньої експлуатації унеможливають створення єдиного діагностичного алгоритму, який був би придатним для всіх випадків. Це свідчить про те, що будь-яка система діагностики повинна мати адаптивний характер, коригуючись залежно від реального технічного стану двигуна під час його експлуатації [1].

Метою роботи є оцінка впливу по-кращення експлуатаційної надійності дизельних двигунів на ефективність транспортних процесів в умовах автотранспортних підприємств, а також розробка рекомендацій з організації динамічного моніторингу технічного стану рухомого складу із застосуванням віброакустичних методів контролю технічного стану у поєднанні з ІТ-технологіями обробки та збереження даних.

Основна частина

Відмови в роботі двигунів призводять до вимушених простоїв рухомого складу та порушення графіків перевезень. Причини таких простоїв мають різноманітний характер. Механічні дефекти, наприклад, зношення підшипникових вузлів, пошкодження ущільнень двигуна чи зношення циліндро-поршневої групи (ЦПГ), порушення функціонування паливної

системи, перегрів двигуна через несправності в системі охолодження, що є наслідком відсутності своєчасного технічного обслуговування ТЗ. Компоненти дизельного двигуна, зважаючи на конструктивні особливості, порівняно з бензиновими агрегатами мають підвищену масу деталей ЦПГ, які піддаються значно більшому циклічно змінному навантаженню та мають вищу незбалансованість. У результаті чого створюють вищі показники шуму і вібрації, та працюють у більш агресивному середовищі. Параметр вібрацій, який перевищує допустиме значення, може свідчити про потенційні дефекти в підсистемах двигуна. Тому виявлення джерел таких вібрацій є ключовим для попередження відмов. Узагальнений аналіз інженерних даних показує, що наприклад, дисбаланс і зношення деталей, що працюють у спряженні, найчастіше спричиняють вібраційні сигнали, поява яких є симптомом та передувє відмові підсистеми чи двигуна загалом. Виявлення цих сигналів за допомогою віброакустичних сенсорів дозволяє прогнозувати несправності. На додачу, кожен незапланований простій автомобіля через поломку двигуна призводить до значних втрат на підприємстві. Незаплановані простой можуть значно підвищувати накладні витрати, а в разі неможливості заміни рухомого складу – завдавати значних фінансових збитків. Саме тому автопідприємства прагнуть зменшити час простоїв завдяки підвищенню надійності двигунів, що забезпечує пропорційний зріст доступності автопарку для виконання перевезень. Структуру причин відмов можна описати в такому співвідношенні: механічні фактори (40–50 % відмов); експлуатаційні, низький рівень якості пального, зношення фільтрів тощо (15–20%); інші, помилки персоналу, випадкові події (20–30%). Механічні несправності можна розділити на групи, статистичні дані наведені в **табл. 1**.

Таблиця 1

Причини виходу з ладу ТЗ	
Причина	Відсоток, %
Відмова двигуна	34,2
Вихід з ладу трансмісії	18,5
Проблеми з електрообладнанням	12,1
Інші причини	35,2

Хоча точні статистичні дані в Україні обмежені, світовий досвід підтверджує, що найважливішими є регулярне обслуговування та діагностика двигунів.

Традиційна діагностика дизельних двигунів базується на регламентних перевірках та виконаннях технічного обслуговування залежно від пробігу або попередньо визначеного терміну напрацювань. Передбачає контроль мастила, фільтрів, стеження за рівнем рідин, поверхневу діагностику після надходження сигналу, наприклад, індикатора Check Engine. Проте для виявлення дефектів на ранніх стадіях дедалі більше використовують програмні системи моніторингу і спеціалізовані прилади. Такі системи здатні опрацьовувати телематичні дані з бортової мережі (експлуатаційні DTC-коди), а також додані датчики вібрації і температури. До прикладу, розвиток телематики останніх років дозволив збирати значні обсяги даних з автопарку й застосовувати їх у прогностичному обслуговуванні. Аналітичні платформи аналізують частотні сигнали відмов і за появою типових ознак сигналізують технічному персоналу про необхідність перевірки конкретної машини. Отже, ефективний моніторинг технічного стану кожного окремого автомобіля може підвищити безпеку і продуктивність його роботи.

Надійні методи діагностики дозволяють своєчасно виявляти дефекти ТЗ.

Основні завдання транспортної телематики в діагностиці технічного стану ТЗ полягають у віддаленому моніторингу ТЗ та своєчасному виявленні несправностей. Телематичні системи збирають та передають на сервер дані з усіх бортових датчиків і з портів діагностики автомобіля. На основі цих даних система одразу формує сповіщення про появу збоїв чи необхідність техобслуговування, що дозволяє керівникам та водіям оперативно реагувати й уникати аварійних ситуацій. Завдяки впровадженню телематики підвищується безпека руху та оптимізується робота автопарку. До прикладу, водієві може бути надіслане попередження про ризиковані маневри або наближення до граничного ресурсу двигуна, що дозволяє вчасно провести профілактику.

Технічні засоби телематики включають GPS/GLONASS-модулі, промислові контролери (трекери), різні типи датчиків і програмні платформи для збору та аналізу даних. Зазвичай пристрій телематики приєднують до бортової

мережі автомобіля (до CAN-шини або до діагностичного OBD-II-порту) і з нього зчитують параметри з датчиків. Наприклад, витрату та рівень пального в баку, температуру і тиск мастила у двигуні, швидкість, кут повороту коліс тощо. Зібрані дані передаються через мобільний чи супутниковий зв'язок на IoT-платформу, де їх обробляють спеціалізовані програми. Такі платформи (комерційні чи власні) забезпечують інтерфейси з детальними звітами, графіками і попередженнями. Приміром, в Україні існує телематична платформа Metrix повністю вітчизняної розробки, а також сервіси на кшталт My Geotab, Linco Trust Track тощо, які підтримують інтеграцію з різним обладнанням та автоматично генерують діагностичні звіти. Приклади впровадження телематики в Україні демонструють ефективність системи. Так, державний оператор «Укртелеком» обладнав свій автопарк (~3500 автомобілів) GPS-трекерами Sky River (платформа Skyfleet). У результаті моніторингу роботи машин було досягнуто приблизно 20% економії пального вже за перший квартал використання системи. Подібні системи використовують також інші великі українські компанії – зокрема логістичні оператори, транспортні фірми, спецтехніка комунальних чи промислових підприємств і залізничні перевізники. Наприклад, на залізничному транспорті телематичні рішення дозволяють контролювати витрату пального локомотивів, фіксувати години роботи двигунів і вчасно виявляти несправності. Завдяки цьому значно скорочується простій техніки і прискорюється обслуговування рухомого складу.

Телематика дає суттєвий економічний ефект. Згідно з галузевими даними, оптимізація маршрутів та контроль режиму руху з допомогою GPS-системи може забезпечити до ~30% економії палива. Одночасно віддалене спостереження за технічним станом та своєчасні діагностичні сповіщення дозволяють скоротити витрати на ремонт і техобслуговування (до 25–30%). У згаданому прикладі «Укртелекому» саме завдяки GPS-моніторингу вдалося зменшити витрати пального на 20%. Крім того, аналіз даних по поведінку водіїв (перевищення швидкості, різке гальмування тощо) допомагає продовжити ресурс автомобілів і підвищити безпеку. Віддалена діагностика відразу фіксує перевантаження чи помилки в роботі систем, що зменшує кількість

аварій та простоїв транспорту. Інвестиції в телематику швидко окуповуються, зменшуються експлуатаційні витрати і значно підвищується ефективність і продуктивність роботи автопарку.

Поєднання технічних засобів телематики та віброакустичних сенсорів, встановлених на двигуні, дозволяє віддалено фіксувати ресурс двигуна загалом та його підсистем зокрема.

Структурну схему проведення діагностики показано на **рис. 1**.

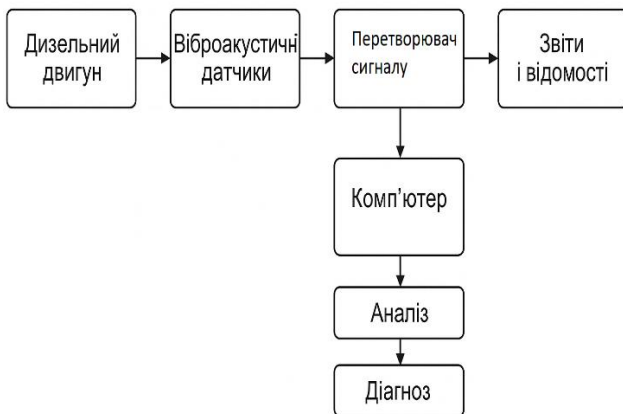


Рис. 1. Структурна схема проведення віброакустичної діагностики

Віброакустична діагностика, яка ґрунтується на аналізі вібраційних та акустичних сигналів, демонструє вищу чутливість порівняно із загальноприйнятими методами (наприклад, контролем температури чи тиску мастила). Встановлено, що віброакустичні підходи дають найбільш точні та об'єктивні результати в діагностиці технічного стану двигуна. На ранніх стадіях проблеми двигуна супроводжуються змінами у вібраційному спектрі частот (дисбаланс, люфти, підвищення зазорів у спряженнях деталей). Використання спектрального аналізу сигналів дозволяє автоматично визначати характер дефекту [2]. Приміром, система віброакустичної діагностики комплементарна до бортової

діагностики може виявляти несправності газорозподільчого механізму, ЦПГ або елементів трансмісії, аналізуючи модель вібраційних сигналів двигуна.

Варто зазначити, що підвищення ефективності діагностики впливає на організацію технічного обслуговування. Перехід від жорсткого графіка ТО до умовно-залежного обслуговування (СВМ) дозволяє зменшити непотрібні заміни агрегатів і скоротити простій. Це підтверджено експериментальними даними. Застосування прогностичних систем із телематики дає змогу збільшити доступність автопарку з менше ніж 85 % до понад 95 %. Це означає реальне отримання сотень додаткових машиноднів без зростання кількості одиниць техніки.

Серед сучасних приладів діагностування центральне місце займають портативні віброакустичні прилади. Їхнє використання дозволяє збирати дані про стан двигуна без розбирання чи вилучення техніки з експлуатації. Такі прилади мають декілька каналів для під'єднання трьохосового акселерометра та тахометра, вбудований стробоскоп і термодатчик, що полегшує комплексну діагностику [3]. Наприклад, портативний віброаналізатор VA3 Pro (**рис. 2**) забезпечує одно- чи двоплощинне балансування і має експертний модуль FASIT для автоматичного виявлення основних дефектів (дисбалансу, ослаблення опор, руйнування підшипників). Цей пристрій дозволяє оперативно вимірювати вібраційні сигнали та автоматично інтерпретувати їх у модулі вимірювання автодіагностики та стробоскопу. Використання таких пристроїв у польових умовах дозволяє реалізувати програми безперервного моніторингу, що підвищує безпеку і продуктивність транспортного засобу.

Поєднання таких приладів із хмарними IoT-платформами відкриває можливості для цілодобового дистанційного моніторингу. Наприклад, методи діагностики, що ґрунтуються на аналізі вібраційних моделей двигуна, дають змогу ідентифікувати механічні дефекти двигуна чи трансмісії.



Рис. 2. Портативний віброаналізатор VA3 Pro (компанія Adash)

Побудова ефективної системи моніторингу на АТП вимагає інтеграції обладнання (датчики вібрації, акустичні сенсори, термодатчики тиску), комунікаційної мережі (LTE/5G, Wi-Fi) і аналітичної IT-інфраструктури (сервери, SCADA, аналітичні модулі). Під'єднані до мережі обчислювальні центри аналізують поточні дані й сигналізують про аномалії чи наближення до критичних значень. Таке рішення є прикладом впровадження індустрії 4.0 у транспортну галузь. Завдяки цьому оператори отримують дані про стан двигунів у реальному часі і можуть переходити від реактивного ремонту до сервісу за фактичними показниками (CBM). Згідно з дослідженнями, впровадження телематики та масової сенсоризації дозволило підприємствам збирати великі обсяги даних з автопарку та ефективно їх аналізувати для профілактичного обслуговування.

Підвищення надійності двигунів прямо позначається на економічних показниках підприємства. По-перше, знижується кількість незапланованих ремонтів і пов'язані з ними витрати на запасні частини та роботи (затрати праці, простой спеціалістів). Для прикладу, за оцінками дослідників, кожний день простою вантажівки може коштувати від 448 до 760 дол. США залежно від характеру ремонту. Зменшення частоти таких простоїв на 10–20 % дозволяє підприємству заощаджувати значні кошти. По-друге, зростає продуктивність перевезень, більша частка часу роботи автопарку на маршрутах замість очікування ремонту збільшує загальний обсяг перевезених вантажів [4].

Навіть кілька відсотків такого збільшення (протягом року) дають суттєві економічні вигоди.

Введення в експлуатацію систем моніторингу технічного стану також дозволяє оптимізувати графіки ТО, вибираючи час ремонту «за фактом» несправності, а не за формальними пробігами. Це знижує інтенсивність поломок техніки й дає можливість уникнути передчасної заміни компонентів. Крім того, знижується ризик аварійних ситуацій на дорозі, що важливо для безпеки (зменшуються і можливі штрафні санкції). У результаті сумарний ефект підвищення надійності та ефективності полягає в більшій транспортній здатності підприємства при тих же ресурсах, тобто економії на паливі, ремонті та інших операційних витратах. За світовими оцінками, кожні 100 \$ інвестицій у передові діагностичні засоби повертаються за рахунок зменшення простоїв та витрат щонайменше вдвічі. Узагальнені статистичні дані відмов двигунів наведені в **табл. 2**.

Для ефективного функціонування системи діагностики технічного стану транспортних засобів на базі АТП доцільно реалізувати поетапну інтеграцію апаратно-програмного комплексу в наявну інфраструктуру технічного обслуговування.

1. *Аналіз та вибір обладнання.* Визначення типів приладів, портативні аналізатори вібрацій (VA-3 Pro, SKF Microlog), акустичні сенсори, температурні зонди, тензодатчики. Підбір програмного забезпечення для обробки сигналів, таких як Adash DDS або SKF Enlight.
2. *Оснащення діагностичних постів.*

Організація стаціонарних або мобільних точок з під'єднанням до серверу збору даних. Оснащення кожного посту ноутбуком або планшетом із необхідним ПЗ та інтерфейсами під'єднання до сенсорів (USB, Bluetooth, CAN).

3. *Навчання персоналу.* Проведення тренінгів для інженерів, механіків та ІТ-фахівців щодо інтерпретації вібросигналів, побудови спектрів, роботи з шаблонами дефектів.

4. *Розгортання системи моніторингу.* Установка діагностичних маршрутів, частоти сканувань та автоматичної синхронізації з базою даних підприємства (1C, Excel, ERP). Розробка шаблонів звітів та діаграм з інтерпретацією результатів.

5. *Інтеграція в систему технічного обліку.* Автоматичне формування заявок на ТО в разі виявлення відхилень. Побудова графіків ресурсу агрегатів на основі зносу.

6. *Аналітика та оптимізація.* Регулярна перевірка ефективності впровадження, зниження кількості аварій, зменшення витрат, скорочення часу простоїв. Структурна схема впровадження моніторингу відображена на (рис. 3).

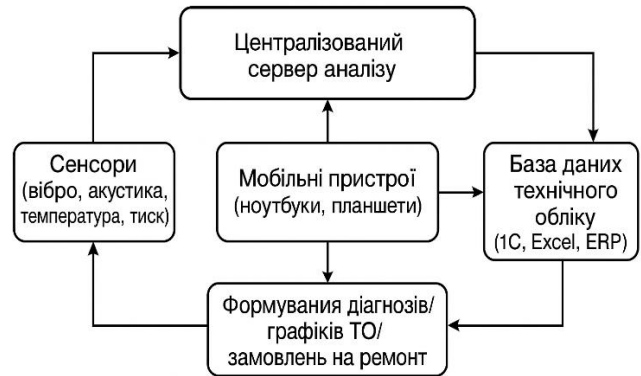


Рис. 3. Структурна схема інтеграції системи моніторингу технічного стану ТЗ на АТП

Таблиця 2

Порівняння експлуатаційних показників до та після впровадження діагностики

Показник	До впровадження	Після впровадження	Зміна, %
Середня тривалість простою, год.	11,2	6,4	-42,9
Частота відмов двигунів, %/міс.	3,8	2,1	-44,7
Частота звернень на СТО, раз/міс.	14	9	-35,7
Відсоток аварій, спричинених двигуном	27	16	-40,7

Інтеграція такої системи дозволяє перейти до концепції обслуговування «за станом» (condition-based maintenance), що є ефективнішою за традиційний підхід «за пробігом». Це забезпечує зменшення непередбачуваних відмов, підвищує рівень безпеки, покращує планування логістичних операцій і сприяє довгостроковому зниженню витрат АТП.

Комунальне підприємство «Київпастранс» (2021–2024 рр.) після оновлення технічного парку та впровадження систем віброакустичного моніторингу (SKF Microlog, Adash VA-3 Pro), отримали зменшення простоїв і відмов на понад 30% [5].

Також було реалізовано інтеграцію із системою обліку техобслуговування (на базі 1C). АТП ТОВ «Захід-Транс», Львівська обл. тестували мобільні віброаналітичні комплекси VA-3 Pro на дизельних автобусах МАЗ та MAN. Зафіксовано скорочення часу діагностики вкладишів і підшипників майже вдвічі, зменшення аварійності до 2,3% [6]

Висновки

Проаналізувавши попередньо викладений матеріал, можна дійти висновку, що підвищення експлуатаційної надійності двигунів безпосередньо зменшує кількість і тривалість простоїв автотранспорту, що підвищує ефективність перевезень. Навіть незначне зростання надійності дозволяє значно знизити збитки від

незапланованих поломок, що еквівалентно збільшенню автопарку та зменшує накладні витрати.

Використання віброакустичних методів та сучасних портативних приладів для діагностики двигунів дозволяє виявляти дефекти на ранніх стадіях. Це забезпечує більш точне та своєчасне обслуговування (умовно-залежне ТО), порівняно з традиційними методами. Зокрема, віброакустичні методи демонструють високу точність у визначенні технічного стану двигуна і дозволяють аналізувати широкий спектр несправностей (від дисбалансу до дефектів ГРМ, ЦПГ та паливної системи).

Інтеграція віброакустичних систем з інформаційними технологіями (телематика, хмара) дає змогу організувати цілодобовий моніторинг стану автотранспорту. Така організація технічного обслуговування (СВМ) сприяє зростанню доступності парку та зменшенню операційних витрат. Наприклад, впровадження прогнозованого обслуговування підвищує середню готовність транспорту з <85% до ~95%. Це особливо важливо для великих автопарків, де навіть невеликі покращення суттєво впливають на фінансові показники [7].

Для автотранспортних підприємств доцільно створювати системи моніторингу технічного стану рухомого складу, що поєднують віброакустичні сенсори, бортову діагностику та IT-інфраструктуру (хмарні сервіси, аналітичне ПЗ). Необхідно інвестувати в навчання персоналу з інтерпретації діагностичних даних та вибирати стандартизовані рішення (наприклад, DDS від Adash). Впровадження віброакустичних систем (VA-3 Pro, SKF Microlog) дозволяє на 30–40% швидше виявляти критичні дефекти. Ключовим є також регулярний аналіз зібраних даних і корекція стратегій ТО на основі інформації про несправності ТЗ. Результати КП «Київпастранс» і ТОВ «Захід-Транс» свідчать про зниження аварійних зупинок до 50%.

Отже, покращення експлуатаційної надійності двигунів, через сучасну діагностику і моніторинг істотно підвищує ефективність транспортних процесів та забезпечує стабільність функціонування рухомого складу автомобільного транспорту. Інвестування у віброакустичні методи й

інтегровані СВМ-системи дозволяє забезпечити безперебійну роботу автопарку та зменшити витрати підприємства. Перспективним напрямом для розвитку є подальше впровадження автоматизованої діагностики з використанням діагностичного обладнання, IoT та штучного інтелекту.

References

1. Bilichenko V. V., Matviichuk D. M. (2025). Determination of the Theoretical Relationship between Diagnostic Parameters and the Reliability of Diesel Engines. PhD thesis // Materials of the XII-th international scientific and technical internet-conference Problem and prospects of development of automobile transport. P.57-61. ISBN 978-617-8163-47-1
2. Elamin F. H. (2013). Fault detection and diagnosis in heavy duty diesel engines using acoustic emission. PhD thesis // University of Huddersfield, UK, 200.
3. Komorska I. A. (2013). Vibroacoustic diagnostic system as an element improving road transport safety // Int. J. Occup. Saf. Ergon, 19, №3, 371–385 (DOI:10.1080/10803548.2013.11076994)
4. Bilichenko V. V., Matviichuk D. M. (2025). Overview of modern vibroacoustic methods for monitoring noise of diesel engines with a view to further use in simulating the engine working process, 2025 1(24), 138-146
5. Kyiv City Council. (2023). Report on the efficiency of technical re-equipment of the municipal enterprise 'Kyivpastrans' [Electronic resource]. – Retrieved from: <https://kyivcity.gov.ua>
6. Lviv Polytechnic National University. (2022). Protocols of the implementation of diagnostic support at LLC "Zakhid-Trans", Lviv region. Proceedings of the Scientific and Practical Seminar of Lviv Polytechnic National University, 2022.
7. Thiruvengadam A., Besch M., Thiruvengadam P., et al. (2014). Heavy-duty vehicle diesel engine efficiency evaluation and energy audit // International Council on Clean Transportation (ICCT) Report, Washington, DC, 132

© В. В. Федоров, канд. техн. наук, доцент,
 ORCID:0000-0002-1085-5112;
 e-mail: fedorov.volodymyr@gmail.com;
 © Г. А. Філіпова, канд. техн. наук, професор,
 ORCID: 0000-0003-3427-7633;
 e-mail: galina_gaj@ukr.net;
 © В. М. Босенко, канд. техн. наук, доцент;
 ORCID:0000-0002-9654-949X;
 e-mail: bosia4ok@ukr.net
 (Національний транспортний університет)

© Volodymyr Fedorov, Ph.D., Associate Professor,
 ORCID:0000-0002-1085-5112;
 e-mail: fedorov.volodymyr@gmail.com;
 © Galyna Filipova, Ph.D., Professor;
 ORCID:0000-0003-3427-7633;
 e-mail: galina_gaj@ukr.net;
 © Volodymyr Bosenko, Ph.D., Associate Professor;
 ORCID:0000-0002-9654-949X;
 e-mail: bosia4ok@ukr.net
 (National Transport University)

ГЛУШНИК ШУМУ «ЧОРНА ДІРКА» ЯК ЗАСІБ ПОЛІПШЕННЯ МАСКУВАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВІЙСЬКОВОГО АВТОМОБІЛЯ КРАЗ-5233BE «СПЕЦНАЗ»

"BLACK HOLE" NOISE MUFFLER AS A MEANS OF IMPROVING THE CAMOUFLAGE PROPERTIES OF THE KRAZ-5233VE "SPETSNAZ" MILITARY VEHICLE

Анотація. Для військової техніки, крім основних експлуатаційних характеристик (тягово-швидкісних, гальмівних, паливної економічності, керованості, стійкості, плавності руху і прохідності), надзвичайно важливі також маскувальні характеристики. Мається на увазі здатність військової техніки до прихованого маскування з метою запобігання або усунення ознак оголення військ і об'єктів. Приховування забезпечується застосуванням камуфляжу, маскуванням під фон підручними засобами, створенням димових завіс, застосуванням маскувальних покриттів, звуковим маскуванням тощо. Існують два принципово протилежних види маскування звуку: або створення шумових перешкод, в яких необхідно приховати шум бойової техніки, або створення «безшумної» військової техніки шляхом зниження рівня зовнішнього шуму. Для автомобіля КРАЗ-5233BE «Спецназ», який належить до військової техніки, життєво важливою характеристикою є рівень маскувальних властивостей. Очевидно, що зменшення його рівня зовнішнього шуму сприяє поліпшенню маскувальних властивостей останнього. Основними джерелами зовнішнього шуму автомобіля є двигун, корпус та колеса. У шумі двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) найпотужнішою складовою є шум відпрацьованих газів. Тобто, для зменшення рівня зовнішнього шуму автомобіля необхідно або вдосконалити існуючий глушник шуму відпрацьованих газів ДВЗ, або створити новий акустично високоефективний глушник. Враховуючи, що створення глушників шуму відпрацьованих газів триває понад століття, стає практично очевидною необхідність нових підходів для розв'язування цього завдання. Під час розробки глушника за основу було взято популярну в оптиці модель абсолютно чорного тіла у вигляді ізольованої макропорожнини з малим отвором: промінь, потрапивши крізь отвір у порожнину, зазнає багаторазового відбиття, частково поглинається під час кожного з них і практично не повертається звідти. Розроблено математичну модель роботи даного глушника (надано результати розрахунків ефективності глушника). Зроблено прогноз залежності рівня зовнішнього шуму автомобіля КРАЗ-5233BE «Спецназ» від швидкості руху.

Ключові слова: автомобіль, КРАЗ-5233BE «Спецназ», шум, маскування, глушник шуму, відпрацьовані гази, абсолютно чорне тіло, чорна дірка, двигун, магістральний цикл.

Abstract. For military equipment, in addition to the main operational characteristics (traction and speed, braking, fuel efficiency, controllability, stability, smoothness of movement and passability), camouflage characteristics are also extremely important. It refers to the ability of military equipment to covertly disguise in order to prevent or eliminate signs of exposure of troops and objects. Concealment is ensured by the use of camouflage, masking under the background with improvised means, creating smoke screens, using camouflage coatings, sound masking, etc. There are two fundamentally opposite types of sound masking: either the creation of noise barriers, in which it is necessary to hide the noise of military equipment, or the creation of "silent" military equipment by reducing the level of external noise. For the KRAZ-5233VE "Spetsnaz" vehicle, which belongs to military equipment, a vital characteristic is the level of camouflage properties. It is obvious that reducing its level of external noise helps to improve the masking properties of the latter. The main sources of external car noise are the engine, body and wheels. In the noise of the internal combustion engine (ICE), the most powerful component is the noise of exhaust gases. That is, in order to reduce the external noise level of the car, it is necessary either to improve the existing muffler of the exhaust gases of the internal combustion engine, or to create a new acoustically highly effective muffler. Given that the development of exhaust silencers has been going on for over a century, the need for new approaches to solving this problem is almost obvious. When developing the muffler, the model of a completely black body popular in optics was taken as a basis in the form of an isolated macrocavity with a small hole: the beam, having entered the cavity through the hole, undergoes multiple reflections, is partially absorbed during each of them and practically does not return from there. A mathematical model of the oper-

ation of this muffler has been developed (the results of muffler efficiency calculations are provided). A forecast of the dependence of the external noise level of the KrAZ-5233VE "Spetsnaz" vehicle on the speed of movement was made.

Keywords: car, KrAZ-5233VE "Spetsnaz", noise, camouflage, silencer, exhaust gases, completely black body, black hole, engine, trunk cycle.

Вступ

Для військових автомобілів, до яких належить і КрАЗ-5233ВЕ «Спецназ», життєво важливою характеристикою є рівень маскувальних властивостей. Очевидно, що зменшення рівня зовнішнього шуму таких автомобілів сприяє їхньому поліпшенню.

Зменшення рівня зовнішнього шуму можна досягнути або вдосконаленням існуючого глушника шуму відпрацьованих газів двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ), або створенням нового акустично високоефективного глушника.

Враховуючи, що створення глушників шуму відпрацьованих газів триває понад століття, стає практично очевидно необхідність нових підходів для розв'язування цієї задачі.

Технічні характеристики автомобіля

КрАЗ-5233 «Спецназ»

У цій роботі нами був досліджений автомобіль КрАЗ-5233 «Спецназ» (рис. 1), технічні характеристики якого наведено у табл. 1. Основні геометричні (габаритні) розміри даного автомобіля показані на рис. 2 [1].

Бортовий автомобіль КрАЗ-5233ВЕ «Спецназ» підвищеної прохідності призначений для перевезення різноманітних вантажів і людей, буксирування транспортних і спеціальних причепів, а також літаків на аеродромах та експлуатації на дорогах усіх категорій та бездоріжжю. Автомобіль підвищеної прохідності КрАЗ-5233ВЕ та його модифікації призначений для оперативної доставки особового складу військових частин, підрозділів спеціального призначення, а також різного обладнання, артилерійських систем калібром до 152 мм, комплексів зв'язку та радіоелектронної боротьби.



Рис. 1. Військовий автомобіль КрАЗ-5233ВЕ «Спецназ» [1]

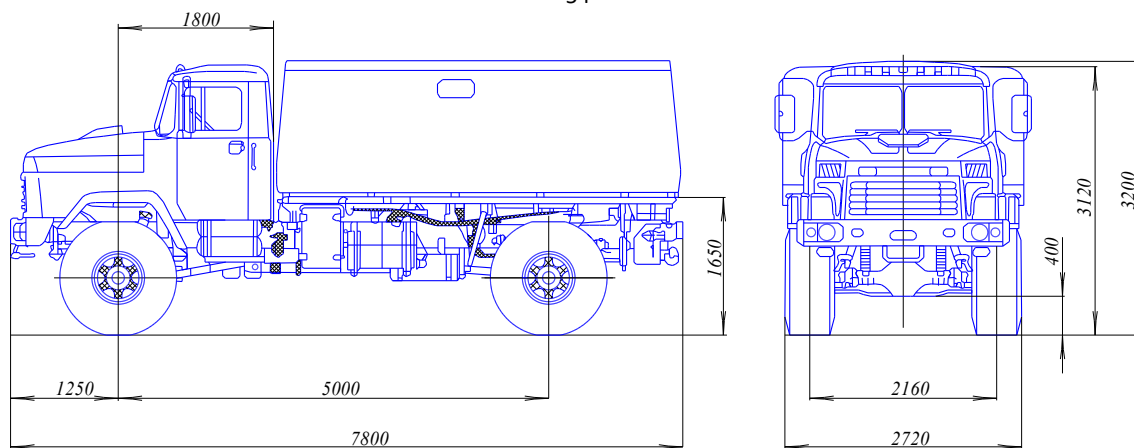


Рис. 2. Військовий автомобіль КрАЗ-5233ВЕ «Спецназ» (основні геометричні (габаритні) розміри)

Таблиця 1

Технічні характеристики автомобіля КрАЗ-5233ВЕ «Спецназ»

Колісна формула	4 × 4
Повна маса автомобіля (з лебідкою), кг	17 300
Маса спорядженого автомобіля, кг	11 200
Вантажопідйомність, кг	6000
Витрата палива, л/100 км	35
Максимальна швидкість, км/год	85
Двигун: тип, марка, модель	дизель з турбонаддувом, ЯМЗ-238ДЕ2
Кількість та розташування циліндрів	8, V-подібне
Робочий об'єм, л	14,86
Потужність, кВт (к. с.) при 2100 хв ⁻¹	243 (330)
Крутний момент, Н·м (кгс·м) при 1100–1300 хв ⁻¹	1274 (130)
Екологічні норми	Euro-2

Глушник шуму «чорна дірка»

Для зменшення зовнішнього шуму автомобіля КрАЗ-5233ВЕ «Спецназ» нами було вирішено розробити високоефективний глушник шуму відпрацьованих газів ДВЗ, який буде принципово відрізнятися від існуючих глушників. За основу взято популярну в оптиці модель абсолютно чорного тіла у вигляді ізолюваної макропорожнини з малим отвором:

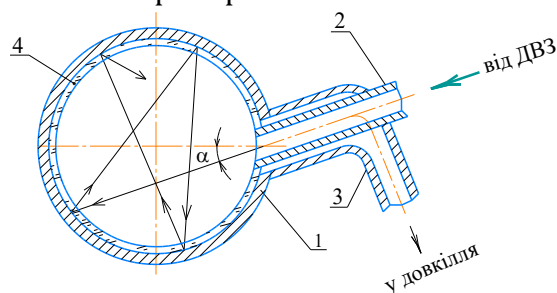


Рис. 2. Принципова схема глушника шуму відпрацьованих газів ДВЗ «чорна дірка»

промінь, потрапивши крізь отвір у порожнину, зазнає багаторазового відбиття, частково поглинається під час кожного з них і практично не повертається звідти.

У розробленому глушнику «чорна дірка» (рис. 2) забезпечується багаторазове відбиття звукових хвиль від внутрішніх поверхонь [2].

Внутрішню поверхню корпусу пропонується покрити шаром звукопоглинального матеріалу 4, зокрема скло; зовнішня поверхня корпусу може бути покрита вібропоглинальним матеріалом (на рис. 2 не показаний).

Глушник шуму відпрацьованих газів працює так:

- відпрацьовані гази, які несуть у собі звукові хвилі, по входному патрубку 2 попадають всередину сферичного корпусу. Оскільки звукові хвилі входять у корпус під кутом α до

діаметра сфери, вони не відбиваються назад, у вхідний патрубок, а починають багаторазові відбиття від внутрішньої поверхні і врешті-решт затухають внаслідок поглинання їхньої енергії при кожному падінні на внутрішню поверхню. У цей час відбувається також аеродинамічне затухання коливань відпрацьованих газів – після попадання у великий об'єм і розширення відбувається вирівнювання тиску у всьому об'ємі сферичного корпусу. Акустично і аеродинамічно заспокоєні гази виходять у вихідний патрубок 3. Аеродинамічний опір руху відпрацьованих газів у глушнику мінімальний.

Розміщення вхідного патрубку 2 всередині вихідного патрубку 3 певною мірою ускладнює конструкцію, проте збільшує кількість відбиттів звукової хвилі до того, як вона повернеться до отвору вихідного патрубку, а отже, збільшує акустичну ефективність глушника.

Якщо внутрішню сферичну поверхню корпусу 1 покрити шаром пористого звукопоглинального матеріалу, акустична ефективність глушника збільшиться, але також збільшиться і втрата потужності двигуна в глушнику. Застосування ж скла як звукопоглинального матеріалу не призведе до збільшення втрат потужності двигуна.

Покриття зовнішньої поверхні глушника вібропоглинальним матеріалом зменшуватиме випромінювання шуму поверхні глушника при її вібрації.

Придушення шуму у розробленому глушнику шуму за рахунок акустичних чинників забирає мінімум енергії у потоку газу, а отже, при цьому втрати потужності двигуна через використання глушника мінімальні. Під акустичними чинниками мається на увазі багаторазові відбиття та одночасне поглинання звукових хвиль внутрішніми стінками глушника.

Придушення шуму у більшості сучасних глушників за рахунок аеродинамічних чинників забирає значну частину енергії двигуна. Під аеродинамічними чинниками мається на увазі тертя збурених відпрацьованих газів об внутрішню поверхню глушника; втрата цими газами коливальної енергії, яка є джерелом шуму, а також в окремих випадках тертя відп-

рацьованих газів об звукопоглинальний матеріал.

Вплив швидкості руху газів на процес шумоглушіння

Передусім зауважимо, що звукові хвилі в глушнику поширюються не в нерухомому середовищі, а в потоці газів. Оцінимо величину цього впливу. Двигун із робочим об'ємом V_h за частоти n обертів за хвилину має об'ємну продуктивність, тобто швидкість перекачування газів

$$\frac{dV}{dt} = \frac{V_h n}{120}. \quad (1)$$

Водночас під час перетікання газів по трубці до глушника:

$$\frac{dV}{dt} = S_1 \cdot v_2. \quad (2)$$

де $S_1 = \pi r_1^2$ – площа перерізу вхідного патрубку, v_2 – швидкість газів у ньому.

Прирівнявши (1) і (2), отримуємо:

$$v_2 = \frac{V_h \cdot n}{120 S_1}. \quad (3)$$

Підставляючи в (3) типові значення ($V_h = 5 \text{ л}$, $n = 2500 \text{ хв}^{-1}$, $r_1 = 3 \text{ см}$), отримуємо швидкість газів у патрубку v_2 близько 10 % від швидкості звуку. Під час розходження газів порожниною глушника ця швидкість ще значно зменшується, тому потоки газів у глушнику практично не впливають на розповсюдження звукових хвиль.

Математична модель та прогнозована ефективність розробленого глушника

У математичній моделі розробленого глушника враховано, що:

- між внутрішнім радіусом R сферичного корпусу глушника (рис. 3) і внутрішніми радіусами вхідного r_1 і вихідного r_2 патрубків виконується співвідношення $r_1 \langle r_2 \ll R$;

- вхідний патрубок висунутий у напрямку до центру сфери на деяку відстань l , таку, що $r_1 \langle l \langle R$, щоб запобігти безпосередньому передаванню звуку найкоротшим шляхом до вихідного патрубку;

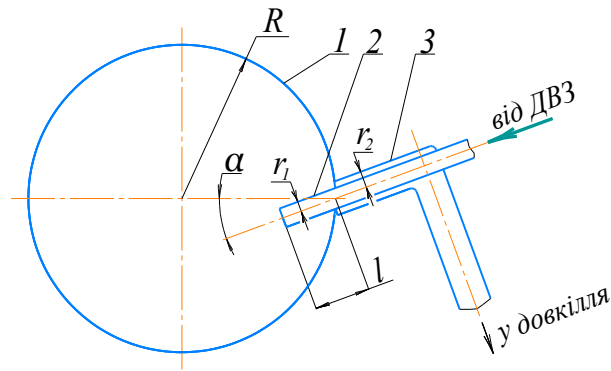


Рис. 3. До математичної моделі розробленого глушника шуму: 1 – корпус глушника; 2, 3 – вхідний і вихідний патрубки відповідно

- з огляду на технічні обмеження розмірів глушника його габаритні розміри менші за довжини звукових хвиль λ в областях середніх та низьких частот;

- практично на всіх робочих частотах $r_1 \ll \lambda$, тому отвір вхідного патрубка працює як точкове джерело хвиль, яке випромінює їх у вигляді конічного кругового пучка.

Розрахунки за розробленою математичною моделлю показали ефективність запропонованого глушника шуму в області низьких частот близько 23 дБ. Хоча ефективність глуш-

ника поки що визначена лише в області низьких частот, можна зробити досить достовірний прогноз щодо зменшення загального рівня шуму військового автомобіля КрАЗ-5233ВЕ «Спецназ» завдяки розробленому глушнику шуму.

На **рис. 4** показана прогнозована залежність рівня зовнішнього шуму автомобіля КрАЗ-5233ВЕ «Спецназ» від швидкості руху (у магістральному циклі на дорозі) з існуючим та зі розробленим глушниками.

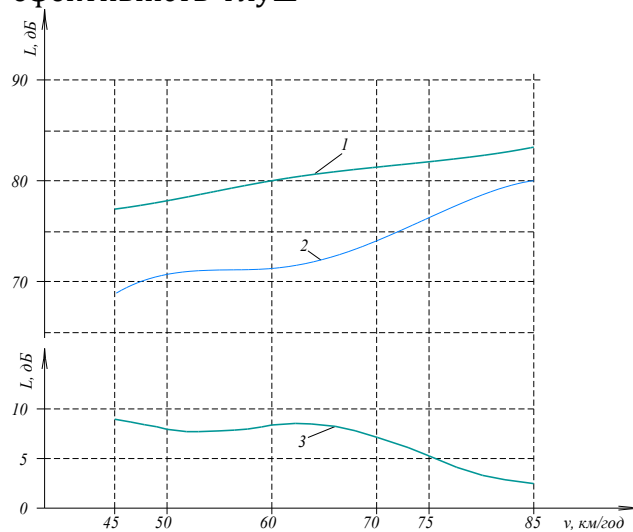


Рис. 4. Залежність рівня зовнішнього шуму автомобіля КрАЗ-5233ВЕ «Спецназ» від швидкості руху (у магістральному циклі на дорозі): 1 – з існуючим глушником; 2 – зі розробленим глушником; 3 – зменшення рівня зовнішнього шуму автомобіля КрАЗ-5233ВЕ «Спецназ»

Висновки

У результаті впровадження розробленого глушника шуму прогнозується зменшення рівня зовнішнього шуму військового автомобіля КрАЗ-5233ВЕ «Спецназ» на 3,5–8,0 дБА у діапазоні швидкостей руху 45–85 км/год. Це значно поліпшить маскувальні властивості автомобіля.

References

1. KRAZ. (2024). KRAZ-5233VE. Retrieved from <https://banga.ua/pages/avtomobili-kraz/bortovoy-kraz-5233be>.
2. V. V. Fedorov, V. P. Sakhno. (2005). Utility model patent No. 79130 UA, IPC (2006) F01N 1/06. Exhaust silencer. National Transport University. Application 09.02.2005; Publ. 05/25/2007; Bul. No. 7.