

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з наукової роботи
Національного університету
«Львівська політехніка»
проф. д.т.н. Іван ДЕМИДОВ
_____ 2025 р.



Висновок

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації «Покращення ефективності опалення та повітрообміну салону автобуса»

здобувача наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування (галузь знань 13 Механічна інженерія) Юрія ВОЙЧИШИНА

міжкафедрального наукового семінару навчально-наукового інституту механічної інженерії та транспорту

1. Актуальність теми дисертації

Мікроклімат у салоні громадського транспорту має значний вплив на комфорт пасажирів і залежить від низки факторів. У системі «людина-салон транспортний засіб» кузов транспортного засобу є відкритою термодинамічною системою, яка обмінюється з довкіллям енергією у вигляді реальної кількості теплоти чи холоду, які забезпечують опалювачі або кондиціонери рідинного чи електричного типу. Не залежно від типу система опалення є однією із найенергоємніших систем автобуса. Забезпечення нормативних вимог щодо конвективного, радіаційного і кондукційного повітрообміну у салоні та на робочому місці водія автобуса, перехід з класичної системи опалення автобусів із використанням охолоджувальної рідини ДВЗ до електронагрівачів і пошук альтернативних джерел опалення салону автобуса є актуальним дослідницьким завданням.

2. Зв'язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри

Тема дисертації відповідає науковому напряму кафедри проєктування машин та автомобільного інжинірингу- моделювання та автоматизація технологічних процесів; та виконана в межах науково-дослідних робіт: «Методологія конструктивного синтезу та параметричної оптимізації автомобілів і підйомально-транспортних машин» №0119U101964, терміном виконання до 15 грудня 2023 року.

3. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів

Для досягнення поставленої мети, здобувачем виконано низку завдань, головним серед яких є дослідження варіантів обігріву салону за рахунок відбору теплоти від колектора ДВЗ; для системи опалення визначено

ефективність теплових потоків, які утворюються навколо випускного тракту для різних варіантів розміщення ДВЗ в автобусах; оцінено ефективність примусового обігріву повітряними завісами салону автобуса; експериментально досліджено основні параметри мікроклімату в холодну та теплу пору року в салоні та відділенні водія великогабаритного міського автобуса на міському маршруті; запропоновано використання комбінованої системи опалення автобуса із додатковим вентилятором забору тепла від ДВЗ та повітряних завіс.

4. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій

Забезпечено коректним використанням відомих методів досліджень і головних положень теплотехніки та термодинаміки, застосуванням сучасної вимірювальної апаратури на основі мікроконтролера Arduino, засобів математичного моделювання у програмному забезпеченні ANSYS-Fluent та опрацювання результатів експериментальних досліджень у Microsoft Excel, що підтверджено розбіжностями в допустимих межах результатів експерименту та моделювання.

5. Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру

Наукова новизна полягає в узагальненні, розвитку існуючих у практичному застосуванні методів багатофакторного аналізу для кількісної та якісної оцінки мікрокліматичних параметрів салону автобуса. При цьому:

вперше:

- проаналізовано та обґрунтовано розподіл температур від ДВЗ по стінках кузова автобуса, що дає можливість оцінити наскільки теплота від мотовідсіку може розподілятися по стінках кузова і за рахунок цього додатково використовуватися як джерело тепла у системі опалення автобуса;

- запропоновано використання теплоти ДВЗ на нагрів салону автобуса та виявлено, що для великогабаритного міського автобуса можна отримати тепловіддачу еквівалентну практично двом середньостатистичним салонним опалювачам залежно від компонування ДВЗ автобуса;

- запропоновано використання в салоні автобуса опалювачів типу «повітряна завіса» та оцінено їх ефективність для салону великогабаритної моделі автобуса;

- зменшено затратність системи опалення автобуса за рахунок використання комбінованої системи опалення з додатковим вентилятором для забору теплоти від ДВЗ для лівої сторони салону автобуса і повітряних завіс для правої сторони;

удосконалено:

- систему вентиляції міського автобуса за рахунок дахових нагнітаючих вентиляторів, що дає змогу, особливо у гарячу пору року, покращити повітрообмін у салоні автобуса;

набуло подальшого розвитку:

- методика експериментальних досліджень параметрів мікроклімату робочого місця водія та салону КТЗ.

6. Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації

Стаття у науковому фаховому виданні іншої держави, яке входить в наукометричну базу Scopus:

1. Kernytskyu, I.; Yakovenko, Y.; Horbay, O.; Ryviuk, M.; Humenyuk, R.; Sholudko, Y.; Voichyshyn, Y.; Mazur, L.; Osiński, P.; Rusakov, K.; et al. Development of Comfort and Safety Performance of Passenger Seats in Large City Buses. *Energies* 2021, 14, 7471.

Стаття у науковому фаховому виданні України, яке входить в наукометричну базу Scopus:

2. Holenko, K., Dykha, A., Voichyshyn, Y., Horbay, O., Dykha, M., Dytyniuk, V. (2024). Determining the characteristics of contact interaction between the two-row windshield wiper and a curvilinear glass surface. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (7 (127)), 48–59.

Статті у наукових фахових виданнях України:

3. Войчишин Ю.І., Круць Т.І., Зінько Р.В., Горбай О.З. Дослідження мікроклімату салону міського автобуса. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*, №1 (14), 2020. С. 49-57.

4. Yakovenko. E., Voichyshyn Y., Horbay O. Analysis of thermal comfort models of users of public urban and intercity transport // *Ukrainian Journal of Mechanical Engineering and Materials Science*. – 2022. – Vol. 8, №2. – P. 67-74.

5. Войчишин Ю.І., Яковенко Є.І., Горбай О.З., Голенко К.Е., Бур'ян М.В. Моделювання теплового комфорту міського автобуса PMV-методом за допомогою CBE Thermal Comfort Tool. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*, № 2 (19), 2022. С. 32-41.

6. К.Е. Голенко, Ю.І. Войчишин, Є.І. Яковенко, О.З. Горбай, О.Ю. Рудик. Аналіз впливу різних типів компоновки кузовів автобусів на особливості формування потоків повітря в умовах вимушеної конвекції салону. *Вісник НТУ «ХП»*. Серія Автомобіле- та тракторобудування, №1, 2022. С. 3-13.

7. K. Holenko, Y. Voichyshyn, O. Horbai, M. Burian, V. Popovych, O. Makovkin. Thermal comfort formation of the bus interior depending on the power unit layout. *Problems of Tribology*, V. 27, No 4/106-2022, 58-68.

8. Methodology of analytical research of the microclimate of the bus drivers cab using the ANSYS-FLUENT software environment / Yurii Voichyshyn, Kostyantyn Holenko, Orest Horbay, Volodymyr Honchar // *Scientific Journal of TNTU*. — Tern.: TNTU, 2023. — Vol 109. — No 1. — P. 90–98.

9. Ю. І. Войчишин, К. Е. Голенко, О. З. Горбай, А. П. Поляков, О. Ю. Рудик, Ю.В. Гай. Експериментальні дослідження параметрів мікроклімату в салоні автобуса в холодну пору року. *Вісник машинобудування та транспорту* №2(18), 2023. С. 38-45.

10. Y. Voichyshyn. Study of Microclimate Indicators of a Bus Driver's Workplace in the Warm Season of the year. *Scientific Journal of the Ternopil National Technical University*, 2024, № 2 (114), 11-19 p.

11. Голенко К.Е., Войчишин Ю.І., Свідерський В.П., Клипко О.Р.

Моделювання поведінки склоочисника під час контакту з криволінійною поверхнею, фактори впливу на безпеку водіння. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті, № 2 (19), 2022. С. 32-41.

Особистий внесок Здобувача у результати наукової роботи опубліковані в статтях:

У роботах [1, 3] автором проведено аналіз наукової літератури по системах забезпечення мікроклімату та безпеці пасажирських перевезень. У [2, 11] – автором запропоновано використати систему обігріву щіток склоочисника для CFD-моделювання. У [4] проведено аналіз моделей комфортності пасажирських перевезень. За допомогою PMV-методу в онлайн-калькуляторі комфортності Comfort Thermal Tool автором проведено моделювання параметрів мікроклімату у [5]. У співавторстві [6, 7] запропоновано використання нагнітаючого вентилятора, який забирає тепло від ДВЗ, а також проведено моделювання роботи такого вентилятора в ANSYS-Fluent Workbench та досліджено повітряні потоки. Також у співавторстві [8] запропоновано методику CFD-моделювання роботи системи опалення робочого місця водія автобуса та оцінено роботу системи вентиляції міських автобусів на основі циркуляції повітряних мас. У [19] подано результати експериментальних досліджень мікроклімату на робочому місці водія автобуса Електрон А185, а у [9] по його салону.

7. Апробація основних результатів дослідження на конференціях, симпозіумах, семінарах тощо

Основні теоретичні та практичні результати дисертації були представлені та схвалені на науково-практичних конференціях, а також на наукових семінарах кафедри автомобілебудування і кафедри проектування машин та автомобільного інжинірингу, а також на наукових конференціях:

- International Scientific and Theoretical Conference "Modeling and Computer Engineering in Mechanical Engineering: Theory, Practice, and Innovation" (Львів, НУЛП, 2022);

- III-й міжнародній науково-практичній конференції «Сучасна наука та освіта: стан, проблеми, перспективи» (Полтава, 2023);

- XVI-й Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» (Вінниця, ВНТУ, 2023);

- міжнародній науково-практичній конференції «Енергетичні установки та альтернативні джерела енергії» (Харків, ХНАДУ, 2024);

- II Міжнародній науково-теоретичній конференції «Моделювання і комп'ютерний інжиніринг в машинобудуванні» (Львів, НУЛП, 2024).

Матеріали конференцій, в яких опубліковані основні результати дисертаційних досліджень:

1. Ю. Войчишин, К. Голенко, О.Горбай, О.Потеряєв. Експериментальні дослідження мікроклімату кабіни водія автобуса Електрон А18501 в помірну та холодну пору року. Сучасна наука та освіта: стан, проблеми, перспективи. Матеріали III міжнародної науково-практичної конференції. 20 – 21 березня,

2023, Полтава, С. 394-396.

2. Голенко К.Е., Войчишин Ю.І., Гончар В.А. Методика оцінки вентиляції міських автобусів на основі циркуляції повітряних мас. Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем: матеріали тез IV Всеукраїнської науково-технічної конференції, 26-27 квітня 2023 року, Рівне. – 2023. – С. 173-177.

3. Yurii Voichyshyn, Kostyantyn Holenko, Dmytro Roman, Orest Horbai. Study of microclimate parameters in the bus driver's cabin in the warm season. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 1277 (2023) 012035. 11 p.

4. Ю. Войчишин, О. Горбай. Експериментальні дослідження роботи дифузора системи опалення кабіни водія автобуса Електрон А185. Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем: матеріали тез V Всеукраїнської науково-технічної інтернет-конференції 25–27 жовтня 2023 р. [Електронне видання]. Рівне: НУВГП, 2023. С. 12-15.

5. Войчишин Ю. І., Гай Ю. В., Горбай О. З., Голенко К. Е. Експериментальні дослідження мікрокліматичних показників робочого місця водія автобуса в теплу пору року // Актуальні задачі сучасних технологій: збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів, Тернопіль, 6–7 грудня 2023 р. – 2024. – С. 148–149.

8. Наукове значення виконаного дослідження із зазначенням можливих наукових галузей та розділів програм навчальних курсів, де можуть бути застосовані отримані результати

Основні положення та результати дисертаційної роботи Войчишина Ю.І. на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю Галузеве машинобудування доцільно використати при підготовці бакалаврів та магістрів базового напрямку *133 Галузеве машинобудування* при написанні курсових, випускних бакалаврських та магістерських кваліфікаційних робіт. Також в навчальному процесі використано матеріали запропоновані Ю.І. Войчишином:

- загальні положення за тематикою систем опалення, вентиляції та кондиціонування (дисципліна «Конструкція автомобілів і тракторів», тема «Конструкція систем опалення, вентиляції та кондиціонування КТЗ»);

- розрахунок системи опалення автобуса за допомогою CFD-моделювання в програмі ANSYS-Fluent Worlbench (дисципліна «Проектування і розрахунок кузовів автомобілів», тема «Системи опалення, вентиляції та кондиціонування автобусів»);

- методика наукових досліджень повітрообміну, вентиляції в КТЗ експериментальних вимірювань використовується при підготовці докторів філософії у дисциплінах «Експериментальні, стендові та дорожні дослідження колісних і гусеничних машин», тема «Формування адаптивного підходу до проектування систем вентиляції та повітрообміну і кондиціонування КТЗ», «Методологічне та математичне забезпечення наукових досліджень», тема «CFD-моделювання вентиляції, повітрообміну та кондиціонування в транспортних засобах».

9. Практична цінність результатів дослідження із зазначенням конкретного підприємства або галузі народного господарства, де вони можуть бути застосовані

Результати досліджень використані підприємствами: «Електронмаш», Львівське АТП №1, Львівське АТП-14630, ПАТ ЗАЗ, «Банке Юкрейн». Отримані результати дослідження можуть слугувати базою для удосконалення конструкції системи опалення та повітрообміну автобусів, тролейбусів чи електробусів, а також можуть бути використані під час розробки нових перспективних моделей автобусів, тролейбусів та електробусів, а розроблена методика експериментальних досліджень може використовуватись на більшості моделей автобусів, тролейбусів чи електробусів, які є аналогами автобусів Електрон А185.

10. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення

Основна частина дисертація викладена на 183 стор., складається із вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел із 142 найменувань 117 рисунків і 18 таблиць, додатків на 47 стор.

Застосована у дисертаційній роботі наукова термінологія є загальновизнаною, стиль викладення результатів теоретичних і експериментальних досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їхнього сприйняття. Оформлення дисертації відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України.

У ході обговорення дисертації до неї не було висунуто жодних зауважень щодо самої суті роботи.

11. З урахуванням зазначеного, на міжкафедральному науковому семінарі науково-навчального інституту механічної інженерії та транспорту ухвалили:

11.1. Дисертація **Войчишина Юрія Івановича** «Покращення ефективності опалення та повітрообміну салону автобуса» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано конкретне наукове завдання щодо покращення обігріву та повітрообміну салону великогабаритного автобуса, що має важливе значення для спеціальності *133 Галузеве машинобудування*.

11.2. Головні положення, методичні розробки, висновки та практичні рекомендації, викладені у дисертаційній роботі, логічні, послідовні, аргументовані, достовірні та достатньо обґрунтовані. Дисертація характеризується єдністю змісту.

11.3. У 20 наукових публікаціях повністю відображені основні результати дисертації, з них 9 статей у наукових фахових виданнях України та 1 стаття у науковому періодичному виданні іншої держави; 1 стаття у виданні України, яке входить до міжнародної наукометричної бази.

11.4. Дисертація відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової

спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, зі змінами) Войчишину Юрію Івановичу.

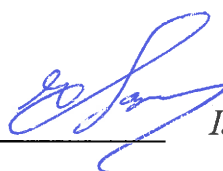
11.5. Дисертація Войчишина Ю.І. є результатом самостійних досліджень, не містить елементів фальсифікації, компіляції, плагіату та запозичень, що констатує відсутність порушення академічної доброчесності. Використання текстів інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

11.6. З урахуванням наукової зрілості та професійних якостей Войчишина Ю.І. дисертація «Покращення ефективності опалення та повітрообміну салону автобуса» рекомендується для подання до розгляду та захисту у спеціалізованій вченій раді.

За затвердження висновку проголосували:

За	15	п'ятнадцять
Проти	-	
утримались	1	один

Головуючий на
міжкафедральному науковому
семінарі Інституту механічної
інженерії та транспорту,
професор кафедри Транспортних
технологій, д.т.н.

 Ігор ВІКОВИЧ

Рецензенти:

професор кафедри
Теплогазопостачання та
вентиляції, д.т.н.

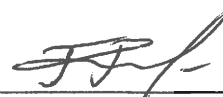
 Орест ВОЗНЯК

доцент кафедри Автомобільного
транспорту, к.т.н.

 Олег КОЦЮМБАС

Відповідальний у Інституті
механічної інженерії та
транспотру за атестацію PhD

доцент кафедри Проєктування
машин та автомобільного
інжинірингу, к.т.н.

 Роман ГОРОДНЯК

«16» січня 2025 р.