

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U002109

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 02-06-2025

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



## II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Войчишин Юрій Іванович

2. Yurii I. Voichyshyn

Кваліфікація: 133

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-7004-0567

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 133

Назва наукової спеціальності: Галузеве машинобудування

Галузь / галузі знань: механічна інженерія

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: 133 Галузеве машинобудування

Дата захисту: 22-07-2025

Спеціальність за освітою: 133 Галузеве машинобудування

Місце роботи здобувача: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

### **III. Відомості про організацію, де відбувся захист**

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** PhD 9365

**Повне найменування юридичної особи:** Національний університет "Львівська політехніка"

**Код за ЄДРПОУ:** 02071010

**Місцезнаходження:** вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

### **IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний університет "Львівська політехніка"

**Код за ЄДРПОУ:** 02071010

**Місцезнаходження:** вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

### **V. Відомості про дисертацію**

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 55.43.37.29

**Тема дисертації:**

1. Покращення ефективності опалення та повітрообміну салону автобуса
2. Improvement of the efficiency of heating and air exchange in the bus interior

**Реферат:**

1. Войчишин Юрій Іванович. Покращення ефективності опалення та повітрообміну салону автобуса. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії (PhD) за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування. Національний університет «Львівська політехніка», Міністерство освіти та науки України, Львів – 2025. У дисертаційній роботі виконано ряд досліджень, що мають за мету підвищення ефективності роботи системи опалення та повітрообміну салону міського автобуса. У першому розділі проведено всебічний аналіз методів оцінювання та способів забезпечення кліматичного мікроклімату в салоні ТЗ та на робочому місці оператора. Як слідує з проведеного аналізу літературних джерел дослідники аналізували теплові втрати, теплопередачу, циркуляцію і якість повітряного середовища, умови досягнення нормативного мікроклімату в салоні. Досліджувалися особливості їх експлуатації на різних температурних режимах і навантаженнях для різних типів ТЗ, не тільки легкових, вантажівок, автобусів, с/г техніки, але і у вагонах трамваїв, поїздів, метрополітену. Для моделювання термофізіологічних параметрів людського тіла використовують локальні

та загальні моделі теплового відчуття і комфорту, серед яких віддають перевагу моделям Taniguchi і Zhang. Найдосконалішим є багатосегментний тепловий манекен FIALA-FE, який здатний виявляти тепловий вплив в асиметричному тепловому середовищі. У другому розділі проведено аналіз не тільки основних параметрів навколишнього середовища, які впливають на формування мікроклімату у салоні і на робочому місці водія (температура, швидкість та вологість повітря, середня радіаційна температура, кількість свіжого повітря, інтенсивність сонячної радіації), а також враховано термічну ізоляцію одягу та рівень активності і проаналізовано ризики їхнього недотримання. Запропоновано облаштування у системі опалення пристрою відбору гарячого повітря від зовнішньої поверхні випускного колектора, температура якої є від 200°C на прогрітому двигуні, що дозволить отримати до 80% кількості теплоти, необхідної для обігріву салону при мінусових температурах. У літній період до 4 % можна зменшити теплонавантаженість салону застосувавши захисну плівку для вікон. У третьому розділі параметри мікроклімату промодельовано PMV-методом згідно стандартів ASHRAE. Отримано залежності компонентів втрат тепла та швидкості повітря в залежності від робочої температури, теплового балансу, та теплової енергії, що виділяється внаслідок метаболізму пасажирів і водія автобуса. Уперше досліджено розподіл температури по салону автобуса при передньомоторній, у базі і задньомоторній компоновках ДВЗ, які розміщуються опозитно і у вертикальній тумбі. Додатковий вентилятор встановлюється на стінці мотовідсіку і забезпечує три режими роботи. Запропоновано встановлення на стінці мотовідсіку додаткового вентилятора, який переміщатиме у салон тепловий потік у повітропроводі на рівні ніг, оскільки виявлено, що кабіна водія є найменш обігрітою для найбільш розповсюдженого у більшості країн ЄС низькопідлогового типу міського автобуса з задньомоторною компоновкою і розташуванням двигуна горизонтально в мотовідсіку. Вперше запропоновано встановлення у міських автобусах горизонтально, вертикально та внизу розміщених обігрівачів типу «повітряна завіса». Виявилось, що розміщення цього типу обігрівачів над дверима менш ефективне 40-50%, ніж горизонтально біля дверей 50-60%, а розміщення внизу під кутом має найнижчу ефективність до 30-40%. У четвертому розділі проаналізовано та наведено різні типи автобусів, які експлуатуються у містах України. За допомогою експериментальної апаратури на основі Arduino проведено експериментальні вимірювання в кабіні водія (температура, вологість, кількість повітря та рівень CO<sub>2</sub>) та салоні автобуса (температура, вологість, кількість повітря). Вимірювання проводились в теплу та холодну пору року в умовах міського циклу їзди автобуса на маршруті у м. Львові. В кабіні водія виміри проводились в зоні ніг, попереку та голови, а також в зоні задуву холодного/гарячого повітря біля кватирки водія. У салоні вимірювання проводились на рівні ніг та голови в чотирьох зонах салону автобуса над передніми осями, на накопичувальній площадці, над задніми осями та в задній частині автобуса. На графіках досліджень відображалась зміна температури в певній точці салону автобуса на протязі 30-40 хв. В результаті експерименту було визначено, що в холодну пору року в салоні автобуса є точки, де є занижені температури та завищена вологість повітря, а в теплу пору року у задній частині автобуса є місця, де температура сягає 33...35°C, а вологість повітря є занижена від нормативного значення. Ключові слова: Міський автобус, робоче місце водія автобуса, мікроклімат салону, комфорт перевезень, система опалення, система вентиляції, CFD-моделювання, повітряні потоки, тепловий баланс, теплові втрати.

2. Voichyshyn Yurii Ivanovych. Improvement of the efficiency of heating and air exchange in the bus interior. – Scientific work on the rights of the manuscript Thesis for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in specialty 133 –Industrial Engineering. Lviv Polytechnic National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv - 2025. The thesis presents a number of studies aimed at improving the efficiency of the heating and air exchange system of a city bus interior. The first chapter provides a comprehensive analysis of assessment methods and ways to ensure a climate microclimate in the vehicle interior and at the operator's workplace. As follows from the analysis of the literature, a number of parameters and design characteristics must be used to quantify the performance and energy efficiency of HVAC. To do this, researchers analyzed heat loss, heat transfer, circulation and air quality, conditions for achieving a standardized microclimate in the cabin, but there is no comprehensive approach to analyzing the impact of external and internal factors on the cabin microclimate. We have investigated the peculiarities of their operation at different temperature conditions and loads for different types of vehicles, not

only cars, trucks, buses, agricultural machinery, but also in tram, train, and subway cars. To model the thermophysiological parameters of the human body, local and general models of thermal sensation and comfort are used, among which the Taniguchi and Zhang models are preferred. The most advanced is the FIALA-FE multi-segment thermal manikin, which is capable of detecting thermal effects in an asymmetric thermal environment. The second chapter analyzes not only the main environmental parameters that affect the formation of the microclimate in the cabin and at the driver's workplace (temperature, air speed and humidity, average radiation temperature, amount of fresh air, intensity of solar radiation), but also takes into account the thermal insulation of clothing and activity level and analyzes the risks of non-compliance. It is proposed to equip the heating system with a device for extracting hot air from the outer surface of the exhaust manifold, the temperature of which is from 200°C on a warmed-up engine, which will allow to obtain up to 80% of the heat required to heat the cabin at subzero temperatures. In the summer, the heat load of the cabin can be reduced by up to 4% by using a protective foil for the windows. In the third chapter, the microclimate parameters were modeled using the PMV method according to ASHRAE standards. Using the CBE Thermal Comfort Tool, the dependencies of the heat loss components and air velocity were obtained as a function of the operating temperature, heat balance, and heat energy released by the metabolism of the passengers and the bus driver. For the first time, the temperature distribution in the bus interior was studied for front-engine, base-mounted, and rear-engine layouts of the internal combustion engine, which are placed in opposition and in a vertical cabinet. It was proposed to install an additional fan on the wall of the engine compartment to move the heat flow into the cabin through the air duct at the level of the legs, since it was found that the driver's cab is the least heated for the most common low-floor city bus in most EU countries with a rear-engine layout and a horizontal engine in the engine compartment. For the first time, horizontal, vertical, and bottom-mounted "air curtain" heaters have been proposed for city buses. It turned out that the placement of this type of heaters above the door is less efficient by 40-50% than horizontally near the door by 50-60%, and the placement at the bottom at an angle has the lowest efficiency of 30-40%. Chapter 4 analyzes and presents different types of buses that are used in Ukrainian cities. Based on this analysis, a 12-meter low-floor bus of the Electron A185 brand was selected for further experimental research. Experimental measurements were made in the driver's cab (temperature, humidity, air volume, and CO<sub>2</sub> level) and the bus interior (temperature, humidity, air volume) using Arduino-based experimental equipment. The measurements were carried out in warm and cold seasons in the conditions of the urban bus cycle on the route in Lviv (ATP No. 1-Horodotska-Levandivka-Riasne 1-"ElectronMash" plant). In the driver's cab, measurements were made in the area of the legs, lumbar and head, as well as in the area of cold/hot air blowing near the driver's window. Key words: city bus, bus driver's workplace, vehicle interior microclimate, comfort transportation, heating system, ventilation system, CFD modeling, air flows, heat balance, heat losses, air temperature.

### **Державний реєстраційний номер ДіР:**

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:** Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:** Освоєння нових технологій високотехнологічного розвитку транспортної системи, ракетно-космічної галузі, авіа- і суднобудування, озброєння та військової техніки

**Підсумки дослідження:** Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

### **Публікації:**

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

- 2. Kernytskyi I., Yakovenko E., Horbay O., Ryviuk M., Humenyuk R., Sholudko Y., Voichyshyn Y., Mazur L., Osiński P., Rusakov K., Koda E. Development of comfort and safety performance of passenger seats in large city buses. *Energies*. 2021. Vol. 14, iss. 22.
- 3. 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.
- 4. 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. 2022. № 2 (19). С. 32–41.
- 5. Голенко К. Е., Войчишин Ю. І., Яковенко Є. І., Горбай О. З., Рудик О. Ю. Аналіз впливу різних типів компоновки кузовів автобусів на особливості формування потоків повітря в умовах вимушеної конвекції салону. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування*. 2022. № 1. С. 3–13.
- 6. Holenko K., Voichyshyn Y., Horbai O., Burian M., Popovych V., Makovkin O. Thermal comfort formation of the bus interior depending on the power unit layout. *Problems of Tribology*. 2022. Vol. 27, No 4/106. P. 58–68.
- 7. Voichyshyn Y., Holenko K., Horbay O., Honchar V. Methodology of analytical research of the microclimate of the bus drivers cab using the ANSYS-FLUENT software environment. *Scientific Journal of TNTU*. 2023. Vol 109, No 1. P. 90–98.
- 8. Войчишин Ю. І., Голенко К. Е., Горбай О. З., Поляков А. П., Рудик О. Ю., Гай Ю. В. Експериментальні дослідження параметрів мікроклімату в салоні автобуса в холодну пору року. *Вісник машинобудування та транспорту*. – 2023. № 2 (18). С. 38–45.
- 9. Holenko K., Dykha A., Voichyshyn Y., Horbay O., Dykha M., Dytyniuk V. Determining the characteristics of contact interaction between the two-row windshield wiper and a curvilinear glass surface. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. № 1 (7 (127)). P. 48–59.
- 10. Voichyshyn Y. 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). P. 11–19.
- 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. 2023. № 1 (20). С. 127–137.

**Наукова (науково-технічна) продукція:** технології

**Соціально-економічна спрямованість:** покращення умов перевезення пасажирів та умов праці водія автобуса

**Охоронні документи на ОПВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Впроваджено

**Зв'язок з науковими темами:** № 0119U101964.

## **VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Горбай Орест Зенонович

2. Orest Z. Horbay

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.22.02

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-0915-5637

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний університет "Львівська політехніка"

**Код за ЄДРПОУ:** 02071010

**Місцезнаходження:** вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

## **VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів**

### **Офіційні опоненти**

#### **Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Кравченко Олександр Петрович

2. Oleksandr P. Kravchenko

**Кваліфікація:** д.т.н., професор, 05.22.20

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-4677-2535

#### **Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Жилінський університет

**Код за ЄДРПОУ:**

**Місцезнаходження:** Univerzitná, 1, Žilina, 01026, Словаччина

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:**

**Ідентифікатор ROR:**

#### **Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Рубан Дмитро Петрович

2. Dmytro P. Ruban

**Кваліфікація:** д. т. н., доц., 05.22.02

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-0671-3226

#### **Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького

**Код за ЄДРПОУ:** 00492990

**Місцезнаходження:** вул. Пекарська, буд. 50, Львів, 79010, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

## Рецензенти

### Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Коцюмбас Олег Йосифович
2. Oleg Y. Kotsiumbas

**Кваліфікація:** к. т. н., доцент, 05.22.02

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-6590-4022

### Додаткова інформація:

**Повне найменування юридичної особи:** Національний університет "Львівська політехніка"

**Код за ЄДРПОУ:** 02071010

**Місцезнаходження:** вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

### Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Возняк Орест Тарасович
2. Orest T. Voznyak

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.23.03

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-6431-088X

### Додаткова інформація:

**Повне найменування юридичної особи:** Національний університет "Львівська політехніка"

**Код за ЄДРПОУ:** 02071010

**Місцезнаходження:** вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

## VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
голови ради**

Вікович Ігор Андрійович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
головуючого на засіданні**

Вікович Ігор Андрійович

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Городняк Роман Васильович

**Реєстратор**

УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є  
відповідальним за реєстрацію наукової  
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна