

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного університету «Львівська політехніка»
доктору технічних наук, професору
Віковичу Ігору Андрійовичу

ВІДГУК

офіційного опонента

доктора технічних наук, професора кафедри транспорту та підйомно-транспортної техніки Жилінського університету (Словаччина)

Кравченка Олександра Петровича

на дисертаційну роботу **ВОЙЧИШИНА Юрія Івановича** на тему

«Покращення ефективності опалення та повітрообміну салону автобуса»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування

в галузі знань 13 Механічна інженерія

Актуальність теми досліджень

Збільшення парку нових сучасних великогабаритних автобусів дозволило значно покращити умови перевезення пасажирів. У першу чергу це стосується комфорту. Крім екологічності, плавності руху до комфортності належить мікроклімат у салоні і на робочому місці водія. Основними факторами, що впливають на мікроклімат у транспортних засобах є: вібрація, шум, тепловий комфорт, якість повітря, освітленість та ергономіка. Однак, у більш загальному аналізі комфортності слід враховувати три класи факторів: організаційні, конструкційні та експлуатаційні.

Системи опалення та охолодження салонів транспортних засобів (ТЗ) споживають велику кількість енергії та впливають на паливну економічність в

більшості випадків негативно. Однак, без відповідного комфорту пасажирські перевезення стає тепер реалізовувати вкрай важко.

Для забезпечення та створення необхідних параметрів мікроклімату салону чи робочого місця водія в транспортних засобах застосовують системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря. Дивлячись, які потрібно створити кліматичні умови, дані системи забезпечують повітряне середовище сприятливе для пасажирів та водія нагріваючи або охолоджуючи повітря залежно від потреби. Мікроклімат у салоні громадського транспорту має значний вплив на комфорт пасажирів і може залежати від кількох факторів. Основні аспекти мікроклімату включають: оптимальну температуру, вологість повітря, його якість, шуми, вібрації, рівень освітлення, наявність неприємних запахів, але це також залежить від особистих змінних, що визначають конкретного пасажирів: його емоційний стан, попередню зайнятість, стан здоров'я, вік або стать.

На відміну від комфорту у закритих приміщеннях оцінка теплового комфорту в ТЗ пов'язана з його рухом, розглядається в динаміці і має крім стабільності передачі теплоти і сонячної радіації ряд особливостей, пов'язаних з гіршою теплоізоляцією, щільністю розміщення пасажирів на м.кв., необхідністю забезпечення повітрообміну, швидкого нагріву/охолодження салону, наприклад на зупинках та ін.

Враховуючи наведене, тема дисертаційної роботи є **актуальною**.

Аналіз основного змісту роботи, її наукової новизни, ступеня обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

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

вперше:

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

- поставлено питання щодо використання теплоти ДВЗ на нагрів салону автобуса та виявлено, що для великогабаритного міського автобуса можна отримати тепловіддачу еквівалентну практично двом середньостатистичним салонним опалювачам у залежності 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 і повітряних завіс для правої сторони автобуса;

удосконалено:

- систему вентиляції міського автобуса за рахунок дахових нагнітаючих вентиляторів, що дає можливість, особливо в жарку пору року покращити повітрообмін в салоні;

набуло подальшого розвитку:

- методика експериментальних досліджень параметрів мікроклімату ТЗ.

Наведені пункти новизни вважаю важливим досягненням.

Склад і структура дисертаційної роботи

Дисертаційна робота складається зі вступу, основного змісту, що включає 4 розділи, загальних висновків, списку використаних літературних джерел з 142 найменувань та додатків. Зміст роботи викладено загалом на 244 сторінках, включаючи 117 рисунків та 18 таблиць. Наведені висновки та положення, які обґрунтовані та достовірні.

У вступі проведено обґрунтування обраної теми, визначена актуальність дисертаційної роботи, наведений зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, сформульовані мета і задачі, об'єкт і предмет, методи дослідження, визначена наукова новизна та практичне значення одержаних результатів. Наведено дані щодо апробації та публікацій результатів дисертаційних досліджень, приведена загальна характеристика роботи.

У першому розділі проведено аналіз методів оцінювання та способів забезпечення мікроклімату в салоні транспортного засобу та на робочому місці оператора.

Як слідує з проведеного аналізу літературних джерел для кількісної оцінки продуктивності та енергетичної ефективності опалення, вентиляція та кондиціонування повітря (HVAC) необхідно використовувати ряд параметрів і конструктивних характеристик. Для цього дослідники аналізували теплові втрати, теплопередачу, циркуляцію і якість повітряного середовища, умови досягнення нормативного мікроклімату в салоні, однак відсутній комплексний підхід до аналізу впливу зовнішніх і внутрішніх факторів на мікроклімат 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.

Встановлено, що незначна частина дослідницьких робіт є комплексними і присвячені складовим HVAC, а саме підігрівачам чи кондиціонерам, а більшість направлена на пошуки шляхів модернізації конструктивних елементів, для прикладу: вентилятори, повітророзподільні решітки, вентилязоване сидіння, дифузори, повітропроводи, елементів, що забезпечують природню і примусову вентиляції через вікна, двері та люки в даху і ін.

У другому розділі проведено аналіз 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); 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.

Проаналізовано особливості режимів роботи повітряних і рідинних опалювачів, салонних пічок, конвекторів, кондиціонерів та фронт-боксів на робочому місці водія системи опалення та повітрозабірників, вентиляційних люків, кватирок системи вентиляції автобуса. Для елементів природньої і примусової вентиляції, у залежності від їх конструктивних особливостей, отримано в режимі 3-D діаграми повітряних потоків.

У третьому розділі промодельовано параметри мікроклімату, 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.

Досліджено розподіл температури по салону автобуса при передньомоторній і задньомоторній компоновках ДВЗ, які розміщуються опозитно і у вертикальній тумбі. Отримано розподіл температур по площині на рівні лівого ряду сидінь та площині середини салону в районі накопичувальної площадки в зоні ніг сидячого пасажирів.

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. Запропоновано встановлення у міських автобусах горизонтально, вертикально та внизу

розміщених обігрівачів типу «повітряна завіса». Виявилося, що розміщення цього типу обігрівачів над дверима менш ефективне на 40-50%, ніж горизонтально біля дверей на 50-60%, а розміщення внизу під кутом має найнижчу ефективність до 30-40%.

У четвертому розділі на основі аналізу різних типів автобусів, які експлуатуються у містах України, обгрунтовано вибір для експериментальних досліджень 12-ти метровий низькопідлоговий автобус марки Електрон А185. Проведено розрахунки системи опалення, визначено теплові втрати кузова автобуса в холодну пору року, параметри вентиляції, проведено моделювання повітряних потоків та температур. За допомогою експериментальної апаратури проведено експериментальні вимірювання в кабіні водія (температура, вологість, кількість повітря та рівень CO_2) та салоні автобуса (температура, вологість, кількість повітря). Вимірювання проводились в теплу та холодну пору року в умовах міського циклу на маршруті у м. Львові. В кабіні водія виміри проводились в зоні ніг, попереку та голови, 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. Зміна температури в певній точці салону автобуса відображалась 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 є значно завищеною, а вологість повітря є занижена від нормативного значення.

На основі аналізу експериментальних досліджень та розрахунків системи опалення та вентиляції автобуса Електрон А185, було запропоновано використання комбінованої системи опалення із використанням вентиляторів забору повітря та повітряних завіс, а також для покращення повітрообміну використання дахових нагнітаючих вентиляторів.

Висновки дисертаційній роботи узагальнюють отримані наукові та практичні результати.

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

Роботу виконано в рамках науково-дослідної роботи кафедр автомобіледування та проектування машин та автомобільного інжинірингу Національного університету «Львівська політехніка».

Практична цінність результатів дослідження

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, електробусів та гібридів. Розроблена методика експериментальних досліджень може використовуватись на більшості моделей автобусів, тролейбусів чи електробусів, які є аналогами автобусів Електрон А185 (City low-floor 12m).

Повнота викладення результатів дисертації в опублікованих працях

Основні результати дисертаційної роботи здобувача оприлюднені у 20 наукових працях, з яких: 9 статей у фахових виданнях України, з них 2 статті, що включені до міжнародної бази даних SCOPUS; 9 тез доповідей, представлених на міжнародних наукових-технічних конференціях. Матеріали, оприлюднені та представлені здобувачем у наукових публікаціях, відповідають темі та змісту дисертаційної роботи та достатньо повно відображають отримані у ній результати наукових досліджень. Зміст особистого внеску здобувача у друкованих працях, опублікованих у співавторстві, не має повторювань, дублювання та конфліктів з

іншими співавторами. Робота має належний рівень апробації на наукових та науково-практичних конференціях різного рівня.

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

Достовірність і наукова новизна положень, висновків та рекомендацій, викладених в дисертаційній роботі не викликає сумнівів, оскільки підтверджується достатнім обсягом виконаних теоретичних, практичних досліджень і експериментів з правильною їх постановкою, використанням широкого кола сучасних методів та засобів досліджень, які пройшли апробацію на міжнародних симпозіумах та конференціях.

Ідентичність змісту анотацій та основних положень дисертації

Зміст анотацій українською та англійською мовами відображає зміст дисертації та в цілому обсязі висвітлює її основні результати і висновки.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

За результатами перевірки дисертаційної роботи на наявність ознак академічного плагіату встановлено коректність посилань на першоджерело для текстових та ілюстрованих запозичень. Навмисних ілюстрованих спотворень не виявлено, що дозволяє зробити висновки про відсутність порушень в роботі академічної доброчесності.

До зауважень дисертації слід віднести:

1. Пункти 1 та 2, що стосується «вперше» наукової новизни краще спростити:
« - встановлена можливість оцінити наскільки теплота від мотовідсіку може розподілятися по стінках кузова і за рахунок цього додатково використовуватися джерелом тепла у системі опалення автобуса;»

« - виявлено, що для великогабаритного міського автобуса можна отримати тепловіддачу еквівалентну практично двом середньостатистичним салонним опалювачам у залежності від компонування ДВЗ автобуса.»

2. Пункти 3 та 4, що стосується «вперше» наукової новизни більше підходять до практичної цінності результатів дослідження.

3. У висловлюванні на стор. 33 - «... Точна оцінка сприйняття пасажирів є необхідною передумовою для покращення комфорту в автобусі...» Замість слова «Точна» слід вжити «Достовірна».

4. В розділі 4 використано стандартну методику визначення теплових втрат, і не чітко описано перехід до моделювання температурних полів.

5. Бажано надати очікуваний річний економічний ефект від впровадження результатів дослідження.

6. Мають місце невдале представлення рисунків:

- автобус показано на двох опорах, а не поверхні (рис. 2.1, 4.10, И.1);
- не вірні позначки (а та б, на рис. 2.2);
- на рис. 2.3 в, фрагментарно не виділено елементи випускного тракту, які слід враховувати при розрахунках теплового балансу автобуса;
- помилки в посиланнях на рис. 2.6 і 2.7 (стор. 75, 76);
- посилання на рисунки йдуть після їх представлення (рис. 3.3, 3.4, 3.9).

Вказані зауваження не зменшують значимості отриманих у роботі наукових й практичних результатів і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Загальний висновок

Результати аналізу дисертації, анотацій українською та англійською мовами, опублікованих праць дають підстави для висновку про те, що робота є завершеним самостійним науковим дослідженням.

За рівнем новизни отриманих результатів та їхнього практичного значення дисертація на тему «Покращення ефективності опалення та повітрообміну салону автобуса» відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України №40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», постанові Кабінету Міністрів України №44 від 12.01.2022р. «Порядок присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ №341 від 21.03.2022р., а здобувач Войчишин Юрій Іванович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування, галузь знань 13 – Механічна інженерія.

Офіційний опонент:

професор кафедри транспорту та

підйомно-транспортної техніки

Жилінського університету

(Словаччина),

доктор технічних наук, професор

Олександр КРАВЧЕНКО

Підпис професора Олександра Кравченка засвідчую

Завідувач кафедри транспорту

та підйомно-транспортної техніки

Жилінського університету

(Словаччина)

Юрай ГЕРЛІЦІ

ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE
STROJNÍCKA FAKULTA
Katedra dopravnej a manipulačnej techniky
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina