

## **ВІДГУК**

**офіційного опонента на дисертаційну роботу  
Білошицького Едуарда Васильовича  
«Удосконалення функціонування систем опалення та вентиляції  
пасажирських вагонів»,**

яка представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

Дисертаційна робота Білошицького Е.В., що представлена на захист, надрукована на українській мові і складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел з 144 найменувань і додатків. Повний обсяг дисертації – 151 сторінка, з яких 131 сторінка основного тексту, рисунків – 32, таблиць – 19, список використаних джерел розміщено на 16 сторінках та на 4 сторінках додатки.

### **Актуальність роботи**

Одним з основних видів діяльності залізничного транспорту є пасажирські перевезення, які не можливо виконувати без вагонів. Тому до пасажирських вагонів висувається багато вимог, починаючи від безпеки руху, закінчуючи комфортом пасажирів. При цьому комфортабельність пасажирського рухомого складу формується з багатьох чинників, які характеризують як конструкцію, так і експлуатацію вагону. Результати експлуатації пасажирського рухомого складу показали, що при проектуванні пасажирських вагонів недостатньо враховують чинники, які впливають на рівень комфорту в них. Це стосується і систем опалення та вентиляції вагонів. На жаль, конструкторами при проектуванні вагонів не достатньо повно враховується низка чинників, які можуть впливати на температурний режим у пасажирському вагоні.

В процесі експлуатації підтримувати кліматичні умови в заданих межах дуже складно. Це визвано, як інертністю теплоносія (твердопаливний котел чи електричні тенти), так і конструкцією повітрепроводів та іншими причинами.

Тому дана дисертаційна робота має великий науковий і практичний інтерес. Вибраний напрямок дисертаційного дослідження пов'язаний з планами виконання науково-дослідних робіт Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені В.Лазаряна за наступними темами: «Розвиток туристичних перевезень залізничним транспортом України» (ДР№ 0115U002424), «Науково-технічне забезпечення сталого розвитку залізничних перевезень в міжнародному сполученні «Україна–Євросоюз» (ДР№ 0117U004391). Автор є виконавцем цих науково-дослідних робіт. Білошицький Е.В. являється співвиконавцем звітів, які

враховують пріоритетні тематичні напрями наукових досліджень відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 7 вересня 2011 р. № 942 «Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2020 року», «Енергетика та енергоефективність» в галузі енергоефективних технологій на транспорті. На підставі вищевикладеного вважаю, що актуальність обраної теми дисертаційної роботи Білошицького Е.В., яка направлена на вирішення наукового завдання оптимізації функціонування систем опалення та вентиляції пасажирських вагонів - не визиває сумніву.

#### **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність**

Автором вирішено наукове завдання вдосконалення функціонування систем опалення та вентиляції пасажирських вагонів. При цьому наукові положення, висновки та рекомендації, які наведено в дисертації, науково обґрунтовані. Дослідження, які виконані здобувачем ґрунтуються на математичній статистиці, математичному аналізу, теорії математичного та імітаційного моделювання, системному підході, використанні методів експериментальних досліджень, чисельних методів розрахунків на ЕОМ.

Достовірність наукових результатів підтверджується відповідністю результатів, які отримані на математичних моделях з дослідними даними, які були отримані в результаті спостережень на залізницях України та на розробленій експериментальній установці.

#### **Наукова новизна результатів дисертаційної роботи**

Наукову новизну представляють вперше:

- розроблена математична модель нестационарних теплових процесів у пасажирському вагоні з водяною системою опалення, що за рахунок урахування динамічного характеру процесів, дозволяє підвищити якість оцінки конструктивних рішень систем життєзабезпечення;

- отримана комплексна залежність параметрів мікроклімату в приміщеннях пасажирського вагона від величини повітрообміну, обсягу інфільтрації та кількості пасажирів у вагоні, що дозволяє узгоджено керувати параметрами мікроклімату в часі з дотриманням умов теплового балансу.

Подальшого розвитку дістали методи аналізу параметрів теплового балансу пасажирського вагона за рахунок виділення зон температурних полів всередині вагона, що дозволяє зменшити непродуктивні витрати теплової енергії та покращити показники комфорту для пасажирів.

Удосконалено метод керування продуктивністю калорифера за оптимальним режимом за рахунок урахування взаємозв'язків між параметрами функціонування систем опалення та вентиляції пасажирського вагона, що дозволяє, на відміну від існуючих, покращити якісні показники мікроклімату та підвищити енергоефективність пасажирського вагона.

## **Практичне значення дисертаційної роботи**

Практичне значення дисертаційної роботи полягає в наступному:

1. вдосконалено систему опалення, що дозволило підвищити комфортні умови для проїзду пасажирів та впровадження яких не потребує значних інвестицій. Підвищення енергоефективності від їх використання складає 27,4 %. Це дає підстави для зниження потужності системи опалення щонайменше на 25 %, що сприятиме зниженню металоємності системи опалення і, як наслідок, сприяє зниженню тари вагона. Завдяки зниженню потужності системи опалення знизиться потужність високовольтного обладнання: головного роз'єднувача, контакторів, запобіжників, зменшиться поперечний переріз дротів і кількість електронагрівальних ТЕНів;

2. розроблено математичні моделі і програму «Терло» для дослідження теплових процесів усередині пасажирського вагона.

Результати роботи впроваджено:

- в навчальний процес Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна та використовуються під час підготовки бакалаврів, магістрів за спеціалізацією «Енергетичний менеджмент та енергоефективність у промисловій та комунальній сфері», за спеціальністю [144] «Теплоенергетика»;

- в ПКТБ з проектування і модернізації рухомого складу, колії та штучних споруд Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна;

- в пасажирському депо Львів ПКВЧД–8 Пасажирської компанії АТ Українські залізниці.

Практичне впровадження результатів роботи підтверджено актами впровадження і широкою апробацією результатів досліджень.

## **Завершеність роботи, стиль викладу, публікації**

Структура дисертаційної роботи є логічною з коректним застосуванням технічної мови. Стиль викладу чіткий і послідовний. Оформлення роботи відповідає вимогам МОН України до кандидатських дисертацій.

Публікації здобувача повною мірою відображають основні результати і висновки дисертаційної роботи. Здобувачем опубліковано 17 наукових праць у виданнях України та інших держав, з яких 5 публікацій, що включені до міжнародних наукометричних баз. Додатково відображають наукові результати дисертації 2 патенти України і одна стаття. 9 наукових праць апробаційного характеру.

Результати досліджень доповідались та були схвалені на 7 міжнародних науково-технічних конференціях. Всі конференції відбулись на території України (5 конференцій в м. Дніпро) та країн ЄС (2 конференції в Польщі). Положення дисертації в повному обсязі доповідались на засіданні міжкафедрального наукового семінару Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В.Лазаряна в 2018 р.

Структура і зміст автореферату ідентичні до основних положень і висновків дисертації. Сукупність наукових результатів та практичного значення дозволяє зробити висновок про завершеність роботи та особистий внесок здобувача в транспортну науку.

### **Аналіз основного змісту дисертації**

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та основні задачі, які необхідно вирішити для її досягнення. Також в ньому приведено основні наукові положення, які винесені на захист та отримані практичні результати.

У **першому розділі** автор зробив аналіз сучасного стану пасажирських вагонів АТ «Українські залізниці» в цілому та систем опалення і вентиляції. В результаті він прийшов до висновку, що сучасні водяні системи опалення вагонів не в повній мірі забезпечують сучасні вимоги до комфорту.

В результаті аналізу цих систем в експлуатації він прийшов до висновку, що вони мають два принципові недоліки: відсутність належної автоматизації роботи з підтримки стабільного температурного режиму у вагонах та нерівномірну віддачу обігрівальних труб через низьку швидкість природної циркуляції води в трубах опалення. Це в сумі призводить до незадовільного використання вентиляційної системи пасажирського вагону, яка проектувалась ще в 80-ті роки минулого століття.

На цій підставі визначено основні задачі дисертаційного дослідження.

У **розділі 2** автор запропонував опис математичної моделі нестационарного теплового режиму пасажирського вагону з водяною системою опалення. Вона дозволяє за рахунок урахування динамічного характеру процесів підвищити якість оцінювання конструктивних рішень систем опалення та вентиляції досліджувати не стаціонарність теплового стану в приміщеннях вагона за різних умов експлуатації та здійснювати порівняльний аналіз різних їх конструктивних рішень.

Адекватність математичної моделі автор виконав на базі експериментальних даних, які отримав при використанні запропонованої установки. Автором розроблений також обчислювальний алгоритм і комп'ютерна програма для моделювання теплових процесів у пасажирському вагоні.

У **третьому розділі** представлено основні результати виконаного комплексу теоретичних досліджень по забезпеченню стійкого температурного режиму в приміщеннях вагону та підвищення енергоефективності системи опалення. Розроблено низку заходів по поліпшенню функціонування та взаємодії систем життєзабезпечення.

Автор запропонував імітаційні моделі пасажирських вагонів для проведення комплексного аналізу нестационарних теплових процесів при опаленні пасажирського вагону на будь-якому етапі рейсу поїзда.

На основі результатів теоретичних і експериментальних досліджень визначені методи, які можна використовувати для розрахунків існуючих конструкцій пасажирських вагонів.

Для більш точних розрахунків автором доопрацьована математична модель теплового стану пасажирського вагону. Підраховані витрати енергії на нагрівання теплоносія в модернізованій системі.

Білошицький Е.В. показав, що керування потужністю обігрівальних труб за рахунок зміни витрати теплоносія з урахуванням їх довжини призведе до погіршення нерівномірного температурного режиму по довжині вагону. Керувати тепловіддачею обігрівальних труб можливо за рахунок вільної конвекції шляхом встановлення на обігрівальні труби регульованих кожухів із тепловідбивним екраном. Це дозволить знизити вплив теплової інертності системи опалення на температурний режим у вагоні.

У розділі 4 автор представляє результати експериментальних досліджень, які підтвердили результати теоретичних досліджень з керування тепловіддачею обігрівальних труб за рахунок вільної конвекції.

Конструкція експериментальної установки імітує відрізок обігрівальних труб вагону, які накриті кожухом з регульованими отворами. Експеримент включав в себе три етапи: керування тепловіддачею обігрівальних труб способом обмеження конвекції; перевірка можливості плавного регулювання тепловіддачі обігрівальних труб частковим обмеженням конвекції; підтвердження можливості змінювання тепловіддачі на потрібній ділянці обігрівальних труб нанесенням покриття з певним ступенем чорноти.

Аналіз результатів експериментальних досліджень та даних моделювання показав розбіжність не більше 6,4%. Це свідчить про можливість диференційовано та заданих межах змінювати тепловіддачу потрібних ділянок обігрівальних труб за рахунок варіювання типу покриття.

Також були проведені експериментальні виміри температур теплоносія пасажирських вагонів вагонного депо «Львів» в експлуатації. Похибка результатів експерименту та теоретичних розрахунків не перевищує 0,9<sup>0</sup>С, що являється задовільним для таких розрахунків.

В п'ятому розділі дисертації проведено оцінку економічної ефективності запропонованих технічних рішень для систем опалення та вентиляції пасажирського вагону на 14 років. Термін окупності капіталовкладень не перевищує чотирьох років. Економічний ефект за весь життєвий цикл від запропонованих заходів складе понад 237 тис. грн.

#### **Зауваження по дисертації**

При загальній позитивній оцінці наукової новизни, вірогідності й обґрунтованості висновків необхідно відзначити наступні недоліки:

1. В цілому по роботі бажано було розробити концепцію або процедуру модернізації систем опалення та вентиляції пасажирських вагонів. Показати

алгоритм та порядок забезпечення необхідного рівня життєзабезпечення пасажирського вагону.

2. Для полегшення читання роботи бажано було б на початку рукопису представити список умовних позначень.

3. Для досягнення поставленої мети роботи вирішуються задачі, а не завдання (стор.2 автореферату). Структура та обсяг дисертації в самій роботі (стор.21) у відповідності з вимогами МОН не приводяться.

4. Ускладнює читання роботи відсутність розмірностей показників у формулах в роботі.

5. В першому розділі бажано було б привести схеми опалення та вентиляції для різних типів вагонів різних виробників.

6. В другому розділі при розробці математичної моделі нестационарного теплообміну пасажирського вагона з водяною системою опалення автор не показав обмеження даної моделі та її тип.

7. Не в повному обсязі описана в третьому розділі імітаційна модель пасажирського вагона та умови впливу внутрішніх і зовнішніх чинників на модель.

8. Алгоритм керування приладами опалення відповідно до умов експлуатації в підрозділі 3.3.1 описаний по тексту, а в загальному виді не представлений в роботі.

9. В четвертому розділі необхідно було привести методіку проведення експерименту, в якій вказати порядок проведення, розрахункові формули, прилади, які використовуються для вимірювань і ін.

10. Оцінку економічної ефективності запропонованих технічних заходів необхідно було б виконувати з урахуванням життєвого циклу даного заходу, а порівнювати вартості життєвого циклу базового вагону та модернізованого.

Зазначені зауваження ніякою мірою не знижують значимість представленої дисертаційної роботи.

### **Загальний висновок**

Дисертація Білошицького Едуарда Васильовича є завершеною науковою працею, в якій отримано нові науково обґрунтовані результати, які в сукупності вирішують актуальне наукове завдання для розвитку теорії конструкції вагонів, яке полягає в розвитку наукових основ функціонування систем опалення та вентиляції пасажирських вагонів. Результати досліджень дозволяють продовжити термін служби рухомого складу, забезпечити комфортні умови для перевезення пасажирів за рахунок удосконалення функціонування систем їх опалення та вентиляції. Зміст дисертації та автореферату в повній мірі відповідають паспорту спеціальності 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів.

Враховуючи актуальність роботи, її вагомість в теоретичному і практичному плані, достатній обсяг матеріалів, що були опубліковані і апробації роботи на конференціях, вважаю, що дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів п. 9, 11-14 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» згідно Постанови Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 року (зі змінами) які встановлено щодо кандидатських дисертацій, а Білошицький Едуард Васильович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів.

**Офіційний опонент**

завідувач кафедри теплотехніки та  
теплових двигунів Українського  
державного університету залізничного  
транспорту,  
доктор технічних наук, професор

А.П. Фалендиш



Особистий підпис  
свідчую 28.08.2019 р.  
Завідуючий канцелярією  
УкрДУЗТ

*Falendish A.P.*

## ВІДГУК

офіційного опонента, кандидата технічних наук, доцента **Іщенко Вадима Миколайовича**, завідувача кафедри «Вагони та вагонне господарство» Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій на дисертаційну роботу Білошицького Едуарда Васильовича **«Удосконалення функціонування систем опалення та вентиляції пасажирських вагонів»**, подану до захисту в спеціалізовану вчену раду Д08.820.02 Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів.

Відгук складено на підставі вивчення дисертації, автореферату та праць здобувача, опублікованих за темою дисертації.

### *Ступінь актуальності обраної теми дослідження та її зв'язок з науковими програмами, планами, темами*

Дисертація спрямована на підвищення комфортних умов перевезень пасажирів залізничним транспортом за рахунок удосконалення функціонування систем опалення та вентиляції з підвищенням енергоефективності цих систем. Враховуючи, що пасажирські перевезення є одним з основних видів діяльності залізничного транспорту, то забезпечення комфортних умов пасажирів під час перевезення є необхідною вимогою до пасажирського рухомого складу.

Актуальність дослідження полягає в тому, що конструкції систем опалення пасажирського експлуатаційного парку вагонів були обґрунтовані ще в 70 – 80 роки минулого сторіччя, коли питання енергоефективності були не такими гострими. Такі дослідження актуальні так само і для вагонобудівних та вагоноремонтних депо, оскільки результати можна використовувати у конструкціях нових вагонів та вдосконалення наявного експлуатаційного пасажирського парку.

У зв'язку з цим тема дисертаційної роботи Білошицького Едуарда Васильовича є актуальною та своєчасною і відповідає вимогам сьогодення.

Робота виконана відповідно до Концепції програми оновлення рухомого складу, схваленої 29.11.2016 правлінням ПАТ «Укрзалізниця», що діє до 2021 року та відповідає Транспортній стратегії України на період до 2020 року, затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України № 2174-р 2010 року.



Робота проводилася відповідно до держбюджетних науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України, до яких належать: «Розвиток туристичних перевезень залізничним транспортом України» (номер державної реєстрації 0115U002424), «Науково-технічне забезпечення сталого розвитку залізничних перевезень у міжнародному сполученні «Україна – Євросоюз» (номер державної реєстрації 0117U004391). Автор є виконавцем цих науково-дослідних робіт та автором звітів, що враховують пріоритетні тематичні напрями наукових досліджень відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 7 вересня 2011 р. № 942 «Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2020 року», «Енергетика та енергоефективність» у галузі енергоефективних технологій на транспорті.

***Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, які сформульовані в дисертації, та їх достовірність***

Наукові положення, висновки та рекомендації, що сформульовані в дисертації, отримані за допомогою фізично обґрунтованих методів узагальнення та ідеалізації об'єктів, побудовою математичних моделей і розрахунками виконаними аналітичними і числовими методами в поєднанні з експериментальними дослідженнями окремих структурних елементів і узагальненням отриманих результатів відповідно до об'єкта в цілому. При відпрацюванні технічних рішень застосовано методи аналізу та синтезу. Поставлені у дисертації задачі розв'язано із застосуванням сучасних математичних методів.

У дисертаційній роботі в достатньому обсязі наведено матеріал порівняння результатів теоретичних досліджень та експериментів. Адекватність отриманої математичної моделі підтверджується задовільним збігом результатів теоретичних досліджень та експериментів.

Отримані результати не суперечать даним, що містяться в опублікованих матеріалах науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт інших авторів та є розвитком досліджень у вибраному напрямку.

Таким чином, можна стверджувати, що наукові положення, висновки та рекомендації, які наведені в дисертаційній роботі, обґрунтовані в повній мірі.

### ***Наукова новизна отриманих результатів, положень та висновків***

Ознайомлення зі змістом дисертації, основними публікаціями та авторефератом дозволяє визначити, що мету дослідження виконано.

Це знайшло відображення в основних положеннях роботи, які сформульовані автором особисто і визначаються науковою новизною.

Зокрема, автором **уперше:**

– розроблено математичну модель нестационарних теплових процесів у пасажирському вагоні з водяною системою опалення, що за рахунок урахування динамічного характеру цих процесів дозволяє підвищити якість оцінки конструктивних рішень систем життєзабезпечення;

– отримано комплексну залежність параметрів мікроклімату в приміщеннях пасажирського вагона локомотивної тяги від величини повітрообміну, обсягу інфільтрації та кількості пасажирів у вагоні, що дозволяє узгоджено керувати параметрами мікроклімату в часі з дотриманням умов теплового балансу.

**Удосконалено** метод керування продуктивністю калорифера за оптимальним режимом за рахунок урахування взаємозв'язків між параметрами функціонування систем опалення та вентиляції пасажирського вагона локомотивної тяги, що дозволяє, на відміну від існуючих, суттєво покращити якісні показники мікроклімату та підвищити енергоефективність пасажирського вагона локомотивної тяги.

**Набули подальшого розвитку** методи аналізу параметрів теплового балансу пасажирського вагона локомотивної тяги за рахунок виділення зон температурних полів всередині вагона, що дозволяє зменшити непродуктивні витрати теплової енергії та покращити показники комфорту для пасажирів.

Таким чином, змістове наповнення пунктів дисертації з точки зору наукової новизни дійсно має теоретичне та практичне значення для галузі науки і техніки, яка займається дослідженнями, розробкою й удосконаленням конструкцій рухомого складу, а також визначається комплексом проблем енерго- та ресурсозбереження на залізничному транспорті.

## ***Практичне значення дисертаційної роботи***

Практичне значення дисертаційної роботи визначається розробленими технічними рішеннями вдосконалення систем опалення і вентиляції з метою підвищення комфортних умов проїзду пасажирів; підвищення енергоефективності цих систем передбачає їх використання при виготовленні нових вагонів й модернізації систем опалення та вентиляції пасажирських вагонів існуючого експлуатаційного парку в умовах вагоноремонтних депо.

Практичне значення одержаних результатів посилюється використанням рекомендацій автора, що отримані шляхом експериментів у виробничій діяльності, крім того, вони використовуються в навчальному процесі.

Результати виконання дисертаційних досліджень у вигляді математичних моделей впроваджені в навчальний процес Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна та використовуються під час підготовки бакалаврів, магістрів за спеціалізацією «Енергетичний менеджмент та енергоефективність у промисловій та комунальній сфері», за спеціальністю 144 «Теплоенергетика»; в ПКТБ з проектування і модернізації рухомого складу, колії та штучних споруд Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна; вони використовуються для оцінки конструктивних рішень на стадіях проектування систем опалення і вентиляції; у виробництво в пасажирському депо Львів ПКВЧД – 8 «Пасажирської компанії» АТ УЗ і використовуються для підвищення енергоефективності систем опалення, що підтверджено відповідними актами впровадження.

## ***Оцінка змісту дисертації***

Дисертація складається з анотацій, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Структура дисертації логічно побудована і сприяє розкриттю теми дослідження, виконанню поставлених завдань. Матеріал дисертації викладено грамотно та ясно, на доброму мовно-стилістичному рівні, добре відредаговано, робота оформлена згідно з вимогами МОН України. Зміст автореферату ідентичний основним положенням дисертації.

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та задачі досліджень, приведено основні наукові положення та результати, які винесено на захист та обґрунтовано практичну цінність отриманих результатів, а також подано дані про апробацію і публікації основних матеріалів досліджень.

**Перший розділ** роботи присвячено аналізу сучасного технічного стану пасажирських вагонів компанії АТ «Укрзалізниця», а особливо їх систем життєзабезпечення. Визначено, що переважна кількість вагонів пасажирського парку залізниць України обладнана водяними системами опалення, які не в повній мірі забезпечують сучасні вимоги до комфорту, що пред'являються до нових вагонів. Встановлено, що в умовах реформування пасажирського господарства, при істотному зносі рухомого складу і невдосконаленій інфраструктурі, відмова від водяної системи опалення з комбінованим котлом для пасажирських вагонів на теперішній час неможлива.

Визначено, що конструкції систем опалення пасажирського експлуатаційного парку вагонів було розроблено ще у 70 – 80 роки минулого сторіччя, коли проблема забезпечення нормованих параметрів мікроклімату вирішувалася в основному за рахунок збільшення потужності опалювальних приладів, тому вони потребують вдосконалення.

**Другий розділ** присвячений розробці математичної моделі нестационарного теплового режиму пасажирського вагона з водяною системою опалення. При формуванні теплової моделі вагона з водяною системою опалення були враховані фізично обґрунтовані й експериментально підтверджені особливості теплового стану вагона.

При формуванні математичної моделі враховано те, що тепло від ТЕНів сприймається проміжним теплоносієм і потім передається до повітря вагона й далі – до зовнішнього повітря. Диференціальні рівняння температурних процесів двох теплових контурів «система опалення» і «пасажирський вагон» об'єднані в одну систему «система опалення – пасажирський вагон». За рахунок урахування динамічного характеру процесів дозволяє підвищити якість оцінювання конструктивних рішень систем життєзабезпечення, досліджувати нестационарність теплового стану в приміщеннях вагона за різних умов

експлуатації та здійснювати порівняльний аналіз різних конструктивних рішень систем життєзабезпечення пасажирських вагонів.

Перевірна адекватність математичної моделі; її точність складає: для температур повітря 91,5 % і для теплоносія в котлі 90,3 %. Ці значення перевірено за даними експериментальних досліджень, що отримані особисто автором.

**У третьому розділі** виконаний комплекс теоретичних досліджень, спрямованих на забезпечення стійкого температурного режиму в приміщеннях вагона та підвищення енергоефективності системи опалення. Для цього були розроблені імітаційні моделі пасажирських вагонів (вихідні дані для кожної моделі складаються з геометричних та фізичних характеристик вагона, остання модель була відкалібрована за допомогою вимірів, проведених автором). Генерована діаграма енергетичних потоків пасажирських вагонів, з урахуванням даних діаграми, було розроблено й запропоновано низку науково обґрунтованих конструктивних рішень з поліпшення функціонування та взаємодії систем життєзабезпечення.

Виконано теоретичні дослідження з утворення напору в системі опалення пасажирського вагона, у результаті чого виявлено недоліки математичних моделей, які використані для розрахунків теплового стану вагона. Для більш точних розрахунків доопрацьована математична модель теплового стану пасажирського вагона, з її впровадженням підвищилася на 20% точність розрахунків витраченої на підтримання мікроклімату енергії.

На основі отриманих результатів проаналізовано основні технічні рішення із збільшення швидкості природної циркуляції теплоносія, рекомендовано – підведення теплоносія в обігрівальні труби по двох стояках, що дозволяє не застосовувати циркуляційний насос, щоб зменшувати додаткові витрати електроенергії.

Реалізація взаємодії систем опалення та вентиляції разом з автоматизацією роботи водяного калорифера за оптимальним режимом і роботою встановлених датчиків CO<sub>2</sub> та керуванням подачею обсягу припливного повітря (обґрунтовано пов'язує процес повітрообміну з інфільтрацією та кількістю пасажирів у вагоні).

Визначення авторитету параметрів систем опалення надало основу для розробки способів керування тепловіддачею обігрівальних труб, як у всій системі так і на потрібних ділянках, що знижує вплив теплової інертності системи опалення на температурний стан всередині вагона та передбачає можливість реалізації індивідуального регулювання температури повітря в купе і гарантує рівномірного температурного режиму по довжині вагона.

**У четвертому розділі** представлені результати експериментальних досліджень, основною метою яких було підтвердження теоретичних положень.

Експериментальні дослідження можливих способів керування тепловіддачею обігрівальних приладів з метою підтримки стійкого температурного режиму в пасажирському вагоні проведені із застосуванням фізичної моделі – установки, що забезпечує керування конвективним теплообміном на поверхні обігрівальних труб.

Експериментальні виміри температурних полів, що формуються біля опалювальних приладів, зокрема температури самих опалювальних приладів у пасажирських вагонах, які було проведено на базі пасажирських вагонів пасажирського вагонного депо «Львів» – ПКВЧД-8 підтверджено, що при циркуляції теплоносія через розвідні труби певна кількість тепла передається у вагон.

Результати аналітичних розрахунків повністю підтверджуються результатами експериментальних досліджень.

На підставі отриманих даних автором були виділені зони температурних полів всередині вагона з метою детального визначення місць теплових витрат в тепловому балансі внутрішніх приміщень пасажирського вагона.

**У п'ятому розділі** проведено оцінку економічної ефективності запропонованих технічних рішень для систем опалення пасажирського вагона.

Для запропонованих технічних рішень з удосконалення систем опалення та вентиляції пасажирського вагона, розраховано основні показники для оцінки економічної ефективності, а саме: індекс рентабельності, термін окупності, економічний ефект, який розрахований на 14 років від модернізації системи опалення. Виконані розрахунки підтвердили ефективність запропонованих

технічних рішень, а термін окупності капіталовкладень (за всіма разом запропонованими рішеннями з вдосконалення) склав 4 роки.

**Висновки** повністю відповідають сформульованим завданням та змісту самої роботи та впливають з її основних положень. Дисертант стисло формулює основні результати дослідження, які викладені у тому числі й у структурній частині автореферату.

Підсумовуючи вище сказане, слід відзначити, що дисертація є самостійним і структурно завершеним дослідженням, яке характеризується єдністю змісту й, безперечно, має постульовану саме автором науково-теоретичну та практичну цінність.

### ***Повнота викладення основних положень дисертації в опублікованих працях***

За темою дисертації опубліковано 17 наукових праць, її положення висвітлено в 6 наукових статтях, з яких п'ять статей – у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз даних, у тому числі 1 стаття – за кордоном та 4 статті – у спеціалізованих наукових виданнях, що входять до переліку фахових видань, 2 патенти України на корисні моделі, 9 тез доповідей Міжнародних наукових конференцій.

Кількість, обсяг та зміст друкованих праць відповідають вимогам МОН України щодо публікацій основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата наук і надають авторові право публічного захисту дисертації.

Детальний аналіз представлених рукопису та автореферату дисертації надає підстави констатувати відповідність автореферату та його основних положень дисертації. Наведені в авторефераті наукові положення, висновки і рекомендації в повному обсязі розкриті й обґрунтовані в тексті дисертації.

### ***Оцінка змісту дисертації, її завершеності та відповідності встановленим вимогам***

Структура дисертації логічно побудована і сприяє розкриттю теми дослідження, виконанню поставлених завдань. Дисертація та автореферат оформлені відповідно до вимог Міністерства освіти і науки України, що

висуваються до такого типу наукових робіт. Зміст автореферату ідентичний основним положенням дисертації.

### *Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації*

Загалом дисертаційне дослідження здійснене на високому науковому рівні. Проте, оскільки деякі його положення є дискусійними, що пов'язано з означенням дисертантом власної позиції з окремих досліджуваних проблем, варто зробити певні уточнення, зауваження та рекомендації з метою подальшого вдосконалення означеної проблематики:

1. В тексті дисертації і авторефераті вживається термін «системи життєзабезпечення», з тексту зрозуміло, що йдеться про дві і більше системи, але, на нашу думку, доцільніше було б конкретизувати саме яких систем це стосується.

2. Пояснення значення терміна «мікроклімат» наводиться при першому згадуванні, але, на наш погляд, було б доцільно представити альтернативні дефініції (визначення) у першій главі дослідження.

3. На наш погляд, термін «імітаційна модель» потребує пояснення у тексті при першому згадуванні. Перше пояснення наводиться в тексті дисертації в розділі 3 на с. 61.

4. Не достатньо обґрунтованими є визначення автором в (п. 4.2), де зазначено, що значення абсолютної похибки у відсотковому співвідношенні (2 %) і в температурному еквіваленті (0,9 °C). Як критерій зазначено «повністю підтверджують», при цьому зміст критерію «повністю підтверджують» не визначено.

5. Дисертація містить невелику кількість невизначених математичних символів (напр., стор. 66), неточних значень (напр., табл. 4.2), орфографічних помилок (напр., стор. 72).

6. На наш погляд, структура розділу 3 занадто громіздка. Підрозділи і пункти розділу 3, що містять теоретичні дослідження, які підтверджуються експериментами доцільно було б привести у відповідних пунктах розділу 4.

7. У тексті автореферату не достатньою мірою висвітлений метод керування продуктивністю калорифера.



Висловлені зауваження і побажання не применшують загальної високої оцінки рівня виконання дисертаційної роботи, її теоретичної цінності та практичного значення, а частина з них може бути предметом дискусії.

***Висновок про відповідність дисертації вимогам «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника»***

З огляду на актуальність, новизну, важливість одержаних автором наукових результатів, їх обґрунтованість і достовірність, а також практичну цінність сформульованих положень і висновків вважаю, що дисертаційна робота Білошицького Едуарда Васильовича «Удосконалення функціонування систем опалення та вентиляції пасажирських вагонів» є самостійним, оригінальним, завершеним науковим дослідженням, в якому вирішене актуальне наукове завдання з вдосконалення функціонування систем опалення та вентиляції пасажирських вагонів шляхом математичного експерименту на базі імітаційної моделі, котре представлене в поєднанні з експериментальними дослідженнями й узагальненням отриманих результатів для об'єкта в цілому.

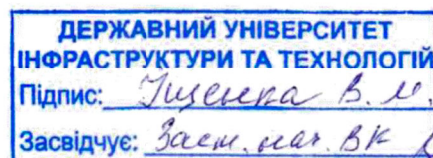
На підставі вищезазначеного можна зробити висновок, що дисертаційна робота Е. В. Білошицького відповідає вимогам пунктів 9, 11, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 № 567, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів.

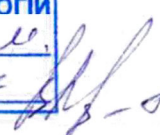
**Офіційний опонент:**

кандидат технічних наук, доцент,  
завідувач кафедри «Вагони та вагонне господарство»  
Київського інституту залізничного транспорту  
Державного університету інфраструктури  
та технологій



  
**В. М. Іщенко**



 - *Іщенко В. М.*