

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Львівський

Кафедра: Рухомий склад залізниць і колія

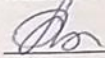
Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський) рівень

Освітня програма: Вагони та вагонне господарство

Спеціальність: 273 «Залізничний транспорт»
(шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри «Рухомий склад залізниць і колія»

 Олена БАЛЬ

Дата 18.08.2022

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу _____

(ступінь вищої освіти)

студенту _____

Качарабі Васи́ліні Володи́мирівні

(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: Дослідження стану теплоізоляції кузовів пасажирських вагонів застосуванням тепловізійного контролю

Керівник роботи: Терещак Юрій Володимирович, к.т.н., б/з

(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від "26" листопада 2021р. № 38 ст.

2. Строк подання студентом роботи: 10.06.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: технічні характеристики теплоізоляційних матеріалів, конструктивні розміри стін вагона та їхнього перерізу, технічні характеристики тепловізора та параметрів які нормуються відповідно до нормативно – технічної документації

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1 Аналітична частина: Аналіз будови теплоізоляції пасажирських вагонів перспективи розвитку

4.2 Основна частина: Вимірювання стану теплоізоляції пасажирських вагонів влітку АТ «Укрзалізниця». Аналітичний розрахунок основних параметрів теплоізоляції кузовів пасажирських вагонів. Методи та способи підвищення теплоізоляційних властивостей кузовів пасажирських вагонів.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): загальна будова теплоізоляції кузовів пасажирських вагонів. Перспективна конструкція теплоізоляції кузова пасажирського вагона. Порівняння основних параметрів показників «старих» та «нових» конструкції теплоізоляції пасажирських вагонів

	ЗМІСТ	
ПЕРІЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....		7
ВСТУП.....		8
1 АНАЛІЗ, БУДОВА ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ		11
1.1 Поняття теплової ізоляції та основні положення по теплоізоляції ВАГОНІВ.....		11
1.2 ТЕПЛОТЕХНІЧНІ СХЕМИ ОГОРОЖЕНЬ КУЗОВІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ.....		15
1.3 Перспективні напрямки розвитку теплоогороджувальних КОНСТРУКЦІЙ ВАГОНІВ		22
2 ВИМІРЮВАННЯ СТАНУ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕПЛОВІЗОРА		27
2.1 Загальні відомості про тепловізійний контроль та засоби для його ПРОВЕДЕННЯ		27
2.2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ ТЕПЛОВІЗОРОМ TESTO 875-1.....		29
2.3 ВИМІРЮВАННЯ СТАНУ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ.....		32
2.3.1 Зведені результати вимірювань -досліджень кузовів вагонів.....		36
2.4 Висновки.....		38
3 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ОГОРОДЖЕННЯ ВАГОНА.....		39
4 МЕТОДИ ТА СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КУЗОВІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ.....		50
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ		53
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....		54

					0041.190522.01.ВКР.ПЗ			
Зм	Арк	№ документа	Підпис	Дата	Дослідження стану теплоізоляції кузовів пасажирських вагонів із застосуванням тепловізійного контролю	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Васелина КАЧАРАБА	<i>[Підпис]</i>	16.06.22				
Консульт		Юрій ТЕРЕЩАК	<i>[Підпис]</i>	17.06.22				
Керівник		Юрій ТЕРЕЩАК	<i>[Підпис]</i>	17.06.22				
Н. контр.		Іван КРАВЕЦЬ	<i>[Підпис]</i>	17.06.22				
Зав.каф.		Олена БАЛЬ	<i>[Підпис]</i>	17.06.22				
						ЛІ УДУНТ		

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Львівський інститут

(назва факультету)

Рухомий склад залізниць і колія

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

бакалавр

(ступінь вищої освіти)

на тему: **Дослідження стану теплоізоляції кузовів пасажирських вагонів із застосуванням тепловізійного контролю**

за освітньою програмою Вагони та вагонне господарство

зі спеціальності: 273 “Залізничний транспорт”

(шифр і назва спеціальності)

Виконав:

студент групи ВГ19117

(підпис студента)

Василина КАЧАРАБА

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:

доцент кафедри

(підпис)

к.т.н., Юрій ТЕРЕЩАК

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер:

викладач

(підпис)

PhD Іван КРАВЕЦЬ

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент

(підпис)

Львів – 2022

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Lviv Institute

(faculty)

Railway Rolling Stock and Tracks

(department)

Explanatory Note

to Master's Thesis

Bachelor

(higher education degree)

on the topic: _____

Investigation of the state of thermal insulation of passenger car bodies with the use of thermal imaging control

according to educational curriculum Wagons and wagon economy

in the Speciality: 273 "Railway transport"

(speciality and its code)

Done by the student of the group: БГ 19117 /Vasylyna KACHARABA /
(name, surname)

Scientific Supervisor: /Yuriy TERESHCHAK /
(position, name, surname)

Normative controller : /Ivan KRAVETS /
(position, name, surname)

Dnipro – 2022

**(ЗАВДАННЯ НА РОБОТУ (ОКРЕМИЙ ДОКУМЕНТ, ОДИН ЛИСТ З
ДВОХ СТОРІН ЗГІДНО ШАБЛОНУ)**

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра:

(рівень освіти)

53 с., _____ рис., 1 табл., 0 додатки, 14 джерел.

Об'єкт розробки – технологія нанесення підмастильного покриття на катанку після механічного виведення окалини з її поверхні у потоці волочіння.

Мета роботи – аналіз конструктивних схем, теплотехнічних характеристик кузовів пасажирських вагонів України та світу, шляхи їхньої уніфікації та перспективи розвитку.

Методи дослідження – метод порівняння, аналізу та синтезу, метод базового агрегату (метод уніфікації - створення або модифікація конструкцій на основі стандартних та апробованих компонентів), метод модифікації (пристосування виробу, що вже випускається, до нових умов без зміни в них найбільш дорогих і відповідальних частин) і метод агрегування (принцип модульності, коли новий виріб створюється на основі комбінації вже наявних уніфікованих агрегатів, які мають повну взаємозамінність (сумісність) за експлуатаційними показниками та приєднувальним розміром).

Визначено ряд потенційних тепловтрат в кузовах вагонів, проведено розрахунки необхідної товщини стінки вагона, визначено тенденції та напрями щодо покращення теплоізолюючих властивостей кузовів вагонів. При проведенні вимірювань складено попередній план, умови та методика проведення тепловізійного контролю на основі технічних характеристик тепловізора Testo 875-1.

Результати роботи можуть стати основою для подальших досліджень в області збереження тепла, підвищення опору теплоізоляції кузовів пасажирських вагонів та контейнерів з метою підвищення комфортності пасажирів під час подорожей залізничним транспортом або ж збереженості при доставці вантажів.

Ключові слова: ТЕПОЛОВІЗОР, ТЕПОІЗОЛЯЦІЯ

ЗМІСТ

ПЕРЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ, БУДОВА ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ	11
1.1 ПОНЯТТЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЯ.ВЛАСТИВОСТІ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ МАТЕРІАЛІВ	11
1.2 ТЕПЛОТЕХНІЧНІ СХЕМИ ОГороЖЕНЬ КУЗОВІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ.....	15
1.3 Перспективні напрямки розвитку теплогороджувальних конструКцій вагонів	22
2 ВИМІРЮВАННЯ СТАНУ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕПЛОВІЗОРА	27
2.1 Загальні відомості про тепловізійний контроль та засоби для його проведення	27
2.2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ ТЕПЛОВІЗОРОМ TESTO 875-1.....	29
2.3 ВИМІРЮВАННЯ СТАНУ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ.....	32
2.3.1 ЗВЕДЕНІ РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАНЬ -ДОСЛІДЖЕНЬКУЗОВІВ ВАГОНІВ	36
2.4 Висновки.....	38
3 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ОГороДЖЕННЯ ВАГОНА.....	39
4 МЕТОДИ ТА СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КУЗОВІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ.....	49
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	52
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	53

					0031.190522.01.ВКР.ПЗ			
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Дослідження стану теплоізоляції кузовів пасажирських вагонів із застосуванням тепловізійного контролю	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
Розробив		Васелина. КАЧАРАБА						
Консульт		ЮрійТЕРЕЩАК						
Керівник		ЮрійТЕРЕЩАК				ЛІ УДУНТ		
Н. контр.		Іван КРАВЕЦЬ						
Зав.каф.		Олена БАЛЬ						

**ПЕРЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

УЗ	Українські залізниці
СРСР	Союз Радянських Соціалістичних Республік (Радянський Союз)
ТУ	Технічні умови
ДСТУ	Державний стандарт
ГОСТ	Государственный стандарт
ІЧ	Інфрачервоний
ЄС	Європейський Союз
ВНІІЗТ	Всесоюзний інститут інженерів залізничного транспорту
ДНУЗТ	Дніпровський національний університет залізничного транспорту
ПТО	Пункт технічного обслуговування
ЛВЧ-5	Пасажирська вагонна дільниця м. Ужгород

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		7

ВСТУП

Пасажи́рські пере́везення в сучасних реаліях є одним із основних видів діяльності залізничного транспорту. При цьому пасажирський рухомий склад є важливою складовою цього виду послуг, який має забезпечувати не лише безпеку руху, а й комфортні умови перевезень. Комфортабельність пасажирського рухомого складу формується з урахуванням багатьох факторів: планування, дизайн внутрішнього обладнання, систем життєзабезпечення та якості їх роботи. Для цього використовуються відповідні системи життєзабезпечення, які повинні створювати комфортні умови в пасажирських вагонах. Виходячи досвіду експлуатації пасажирського рухомого складу до останнього часу під час проектування вагонів недостатньо враховуються чинники, які впливають рівень комфортності пасажирського вагона. Система опалення є однією з найважливіших та складних систем життєзабезпечення пасажирського рухомого складу, вона служить для підтримки комфортних умов у холодну пору року. Конструктори вагонів повністю не враховували цілі ланцюжки факторів, які можуть впливати на температурний режим у пасажирському вагоні. Як відомо, на більшості пасажирських вагонів як основна використовується водяна система опалення. Така система значною мірою є енерговитратною, крім цього підтримувати необхідну температуру теплоносія відповідно до зовнішніх та внутрішніх параметрів у котлі існуючої конструкції пасажирського вагона є важкою справою, внаслідок чого виникають перехідні режими опалення, які викликають коливання температури повітря у пасажирських вагонах. Цей процес ускладнюється ще й тим, що з підвищенням швидкостей руху зростають тепловтрати через огорожувальні конструкції кузова. Таким чином, удосконалення конструктивних теплотехнічних схем дозволить значно знизити витрати теплової енергії, а також зменшаться витрати, які потрібні на обігрів вагона, а отже, і зменшення економічних витрат, необхідних для забезпечення комфорту в пасажирських поїздах. Створення конструктивних теплотехнічних схем кузовів пасажирських вагонів, що входять до загальної системи життєзабезпечення пасажирських

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		8

вагонів, є одним з перспективних напрямків сучасних досліджень при модернізації пасажирського рухомого складу залізниць та підвищеного рівня його комфортабельності та енергоефективності. Забезпечення максимально комфортного рівня проїзду пасажирів підвищує конкурентоспроможність залізничного транспорту над ринком пасажирських перевезень. Тому тема дипломної роботи, яка спрямована на дослідження теплотехнічного стану конструкцій пасажирських вагонів є актуальною для залізничного транспорту України.

Метою дипломної роботи є аналіз конструктивних схем, теплотехнічних характеристик кузовів пасажирських вагонів України та світу, шляхи їхньої уніфікації та перспективи розвитку.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- Провести аналіз існуючих теплотехнічних схем кузова пасажирських вагонів України;
- провести аналітичні розрахунки та вимірювання тепловтрат кузовів пасажирських вагонів;
- проаналізувати методи та способи підвищення теплоізоляційних властивостей кузовів пасажирських вагонів в Україні та світі;
- Розробити на основі теоретичних результатів шляхи уніфікації для кузова вагонів України.

Об'єктом дослідження є вимоги нормативно-правової бази до систем теплоізоляції кузовів вагонів пасажирських вагонів України.

Предметом дослідження є кузова пасажирських вагонів , а також конструктивні рішення щодо модернізації кузовів вагонів у рухомому складі України, що дозволяють забезпечувати уніфікацію.

Метою роботи є розробка практичних рекомендацій (конструктивних схем) щодо впровадження у рухомому складі України систем теплоізоляції кузовів, який відповідав би вимогам стандартів нормативам УЗ та країн світу з огляду на інтеграцію України в світове товариство.

Пари виконанні даної роботи використані такі емпіричні та теоретичні

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						9
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

методи: метод порівняння, аналізу та синтезу, метод базового агрегату (метод уніфікації - створення або модифікація конструкцій на основі стандартних та апробованих компонентів), метод модифікації (приспосовування виробу, що вже випускається, до нових умов без зміни в них найбільш дорогих і відповідальних частин) і метод агрегування (принцип модульності, коли новий виріб створюється на основі комбінації вже наявних уніфікованих агрегатів, які мають повну взаємозамінність (сумісність) за експлуатаційними показниками та приєднувальним розміром).

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		10

1 АНАЛІЗ, БУДОВА ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

1.1 Поняття теплова ізоляція та основні положення по теплоізоляції вагонів

Теплоізоляція — необхідний елемент в конструкції кузовів пасажирських вагонів, в якого його роль визначається призначенням, а саме: для засобів пасажирського транспорту — вимогою підтримки комфортних мікрокліматичних умов в салоні або всередині кузова вагона.

До ефективності теплоізоляції на залізничному транспорті ставляться підвищені вимоги через обмеження маси й об'єму теплоізоляційних конструкцій транспортних засобів, що обумовлено габаритами рухомого складу, тарою, погонним навантаженням.

Теплоізоляція по своїй природі обмежує передачу тепла, в рамках процесу передачі теплової енергії між об'єктами різної температури або між об'єктами в тепловому контакті або в радіусі радіаційного впливу.

Говорячи іншими словами, теплоізоляція згідно своїх функціональних властивостей повинна забезпечувати герметичність низьку теплопровідність.

Герметичність вагона є одним із двох показників теплостійкості кузова пасажирського вагона.

Іншим важливим показником являється теплопровідність огорожувальної конструкції кузова.

Герметичність вагона залежить від щільності примикання елементів конструкції вагонів від повітропроникності матеріалу стінок. Багато питань до герметичності виникають під час експлуатації, так як герметичність порушується.

В свою чергу теплопровідність оболонки визначається товщиною шару утеплювача, його властивостями, вологістю, щільністю заповнення простору між зовнішньою металевою і внутрішньої дерев'яної обшивками кузова,

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		11

наявністю металевих несучих елементів, які виступають в ролі «теплових мостів»



Рисунок 1 - Схематичне зображення «Містка холоду»

Надійна теплоізоляція пасажирських вагонів має вирішальне значення для зниження витрат на опалення, комфортне перебування пасажирів як літом так і зимою, а також зменшення енерговитрат на охолодження або обігрів в залежності від поор року.

Комфортне перебування пасажирів у приміщенні вагона можливе лишень за умови, якщо в ньому будуть підтримуватися відповідні температура і вологість відповідно до санітарних норм. Конденсація вологи, плями вогкості і утворенню термічних тріщин можна ефективним чином запобігти, якщо використовувати спеціальні та відповідні ізолюючі матеріали, систему обігріву та вентиляції. Недостатня увага до теплоізоляції та місць примикання в більшості випадків призводить до значних втрат тепла, конденсації вологи, зростання цвілі і грибків, утворення тріщин, що тягне за собою порушення санітарно-гігієнічних норм. Порівняння вартості робіт по покращенню та модернізації ізоляції з отриманими перевагами та затратами показує, що теплоізоляція є екологічно і економічно вигідним вкладенням капіталу. Однак слід пам'ятати те, що при цьому повинні дотримуватися фізичні і технічні принципи конструкції пасажирських вагонів, що стосуються експлуатаційної надійності та , а також те, що слід враховувати умови експлуатації, ремонтні роботи, пожежобезпеку та багатот інших важливих факторів.

При побудові вагонів слід використовувати ізоляційні матеріали високої

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		12

якості. Якість теплоізоляції залежить від багатьох властивостей використовуваних матеріалів. Так наприклад, такий показник, як величина водопоглинання теплоізоляційних матеріалів (гідрофільність) суттєво впливає на теплопровідність матеріалів і теплотехнічні якості кузова внаслідок того, що при експлуатації вагона волога за рахунок процесів дифузії проникає в ізоляційний шар і накопичується в ньому у вигляді конденсату. І тому, чим вище гідрофільність матеріалу, тим більше вологи накопичується і тому гірше стають теплотехнічні якості матеріалу внаслідок зростання коефіцієнта теплопередачі.

До теплоізоляційних матеріалів, що використовуються для теплоізоляції кузовів пасажирських вагонів при їх будівництві та КВР пред'являються досить жорсткі вимоги, а саме:

- негорючість;
- вібростійкість і механічна міцність при укладанні та експлуатації;
- нетоксичність (речовини, що виділяються як нормальному стані так і при пожежі) ізоляцією в повітряне середовище вагона, що не повинно перевищувати встановлених значень);
- стабільність фізико-технічних властивостей в умовах експлуатації;
- стійкість форми при коливаннях температури навколишнього середовища в діапазоні від - 65 до + 75 ° С;
- однорідність структури матеріалу;
- технологічність при укладанні в огорожувальні конструкції кузова
- стійкість до корозії.

На даний момент існує велика кількість теплоізоляційних матеріалів, тому, вибір відповідної ізоляції вимагає ретельного підходу.

З метою раціонального вибору теплоізоляційного матеріалу для використання в різних конструкціях теплоізоляцію класифікують за різними її властивостями, а саме:

1. В залежності від структури поділяються на:

- волокнисті;

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		13

- зернисті;
- пористі;
- пінні;
- у вигляді фарби.

2. В залежності від сировини самого утеплювача поділяються на :

- органічні;
- неорганічні (мінеральні);

3. В залежності від теплопровідності;

- (низької теплопровідності) теплопровідність при середній температурі 298 К (25 ° С) до 0,06 Вт / (м² К);
- (середньої теплопровідності) теплопровідність при середній температурі 298 К від 0,06 до 0,115 Вт / (м² К);
- (підвищеної теплопровідності) теплопровідність при середній температурі 298 К від 0,115 до 0,175 Вт / (м²К).

4. За ступенем горючості сучасні теплоізоляційні матеріали поділяються на:

- негорючі;
- слабогорючі;
- сильногорючі.

В експлуатації властивості теплоізоляції змінюються через старіння під дією температури, зволоження, вібрації, корозії і т. д. Тому при будівництві вагонів і їх капітального ремонту проводиться проводити діагностування технічного стану огорожувальних конструкцій кузовів за трьома критеріями:

- відносна герметичність;
- середній коефіцієнт теплопередачі всього кузова;
- здатність забезпечувати функціонування в різних експлуатаційних умовах.

У літню пору в пасажирському вагоні працює кондиціонер і завдання огорожувальних конструкцій зводиться до обмеження проникнення тепла всередину вагона. У зимовий період процес теплопереносу йде в зворотному напрямку. В обох випадках вирішується завдання максимального зниження перенесення тепла через стінки вагона рис. 2., та недопущення появи точки

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		14

роси в середині обшивки, що призведе до погіршення теплотехнічних характеристик кузова.

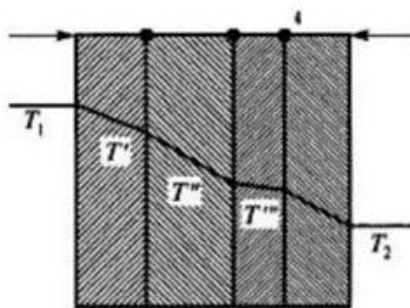


Рисунок 2- Схематичне зображення теплопередачі через багатошарову стінку

Діагностування може проходити двома способами:

- в спеціальних закритих боксах при постівйному вимірюванні показників ззовні та всередині вагона ;
- з використанням спеціального обладнання – тепловізорів.

В другому пункті роботи буде опимано порядок проведення тепловізійного контролю та результати вимірювання деяких типів вагонів за допомогою тепловізора TESTO 875-1.

1.2 Теплотехнічні схеми огорожень кузовів пасажирських вагонів залізниць України

Теплопровідність оболонки визначається товщиною шару утеплювача, його властивостями, вологістю, щільністю заповнення простору між зовнішньою металевою і внутрішньої дерев'яної обшивками кузова, наявністю металевих несучих елементів, які виступають в ролі «теплових мостів »

Достатня міцність та довговічність кузовів пасажирських вагонів досягається раціональним вибором матеріалів для їх виготовлення. Переважно в сучасних вагонах для каркасу та металевої обшивки широко застосовуються нержавіючі, вуглецеві та низьколеговані сталі. Для виготовлення каркаса використовують балки з куточка, швелера та Z-подібного профілю товщиною

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		15

3-6 мм (рис. 4). Для зовнішньої обшивки кузова застосовують гофровані листи завтовшки 2-3 мм.

Відповідно до [2], металоконструкція кузова включає раму, каркас та зовнішню металеву обшивку з отворами для вікон, дверей та допоміжного обладнання. Елементи кузова з'єднуються між собою електродуговою та точковою зваркою в єдину цільно несучу конструкцію.

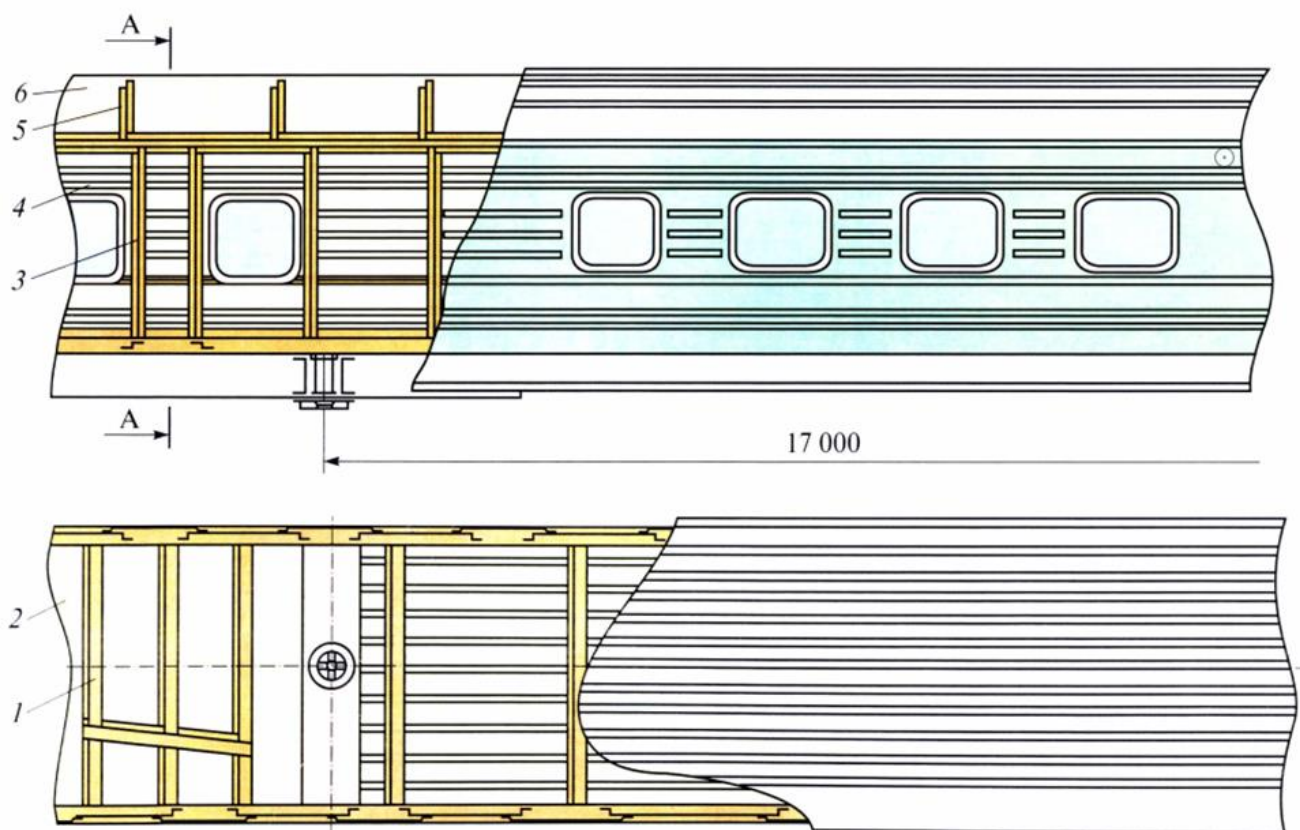
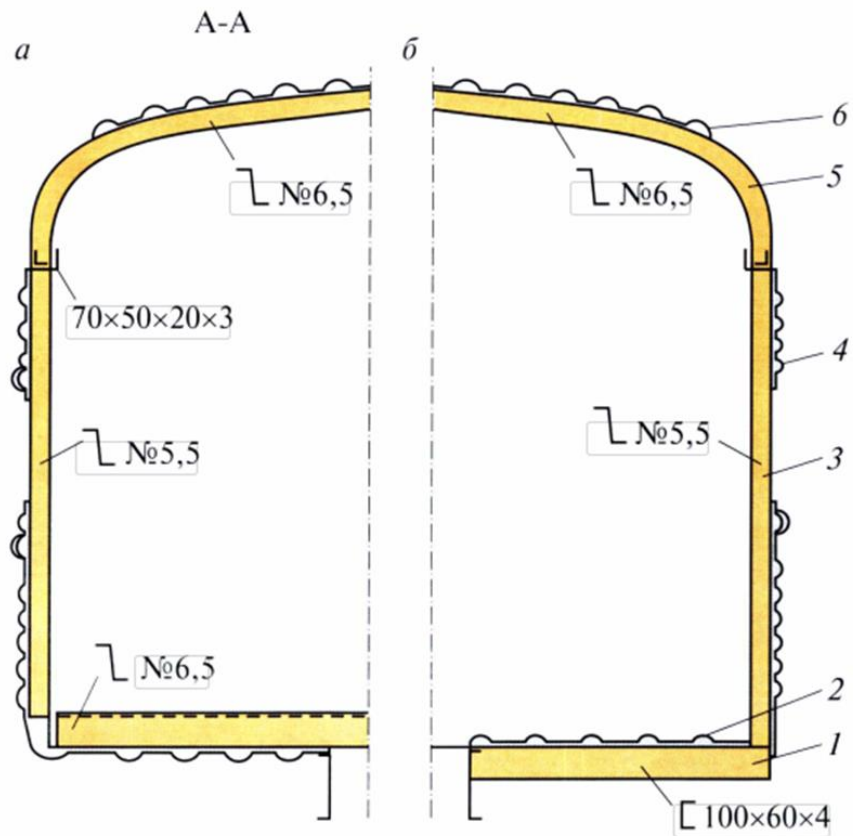


Рисунок 3 – Каркас и металлическая обшивка

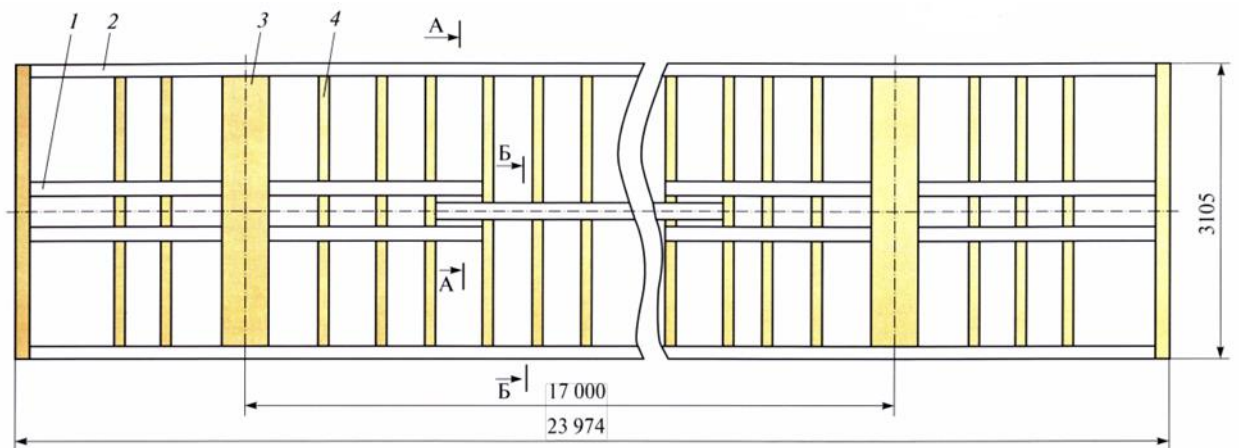
Де: 1 — поперечна балка; 2 — обшивка підлоги; 3 — стійка; 4 — обшивка стін; 5 — дуга даху; 6 — обшивка даху

Рама сучасного вагона (рис. має наскрізну хребтову балку змінного перетину з двотавра в середній частині та двох швелерів у консольних частинах. У вагонів останніх років побудови поперечні балки рами, що підтримують настил підлоги для поліпшення тепла технічних властивостей кузова, винесені з внутрішньої поверхні кузова назовнішню частину кузова.



1 - поперечна балка; 2 - обшивка підлоги; 3 - стійка; 4 - обшивка стін;
5 - дуга даху; 6 - обшивка даху

Рисунок 4 - Схема поперечного перерізу кузова



1 - хребтова балка; 2 - бічна балка; 3 - шворнева балка; 4 - поперечна балка

Рисунок 5 - Схема рами вагона

Необхідні теплотехнічні властивості кузова забезпечуються застосуванням відповідних теплоізоляційних матеріалів. Наданий момент використовують негорючі матеріали «Isover» марки КТ або скляне штапельне волокно «URSA»

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		17

марки П-30 у пакетах зі склотканини марки ТАФ-3 або поліетиленової плівки. Також використовують базальтову мінеральну вату яку взяли з утеплення будинків різних виробників, але за умови, що вона (вата) відповідає санітарно-гігієнічним вимогам, які пред'являться до таких матеріалів. При складанні кузова теплоізоляція закладається між балками каркасу з внутрішньої поверхні металевої обшивки у вигляді панелей, матів або герметизованих пакетів.

Внутрішня обшивка вагона виконана з вогнезахисних фанерних плит, облицьованих декоративним паперово-шаровим пластиком, які в свою чергу кріпляться до дерев'яної обрешітки (див рис. 6 - рис. 8). Підлога вагона покрита важким лінолеумом.

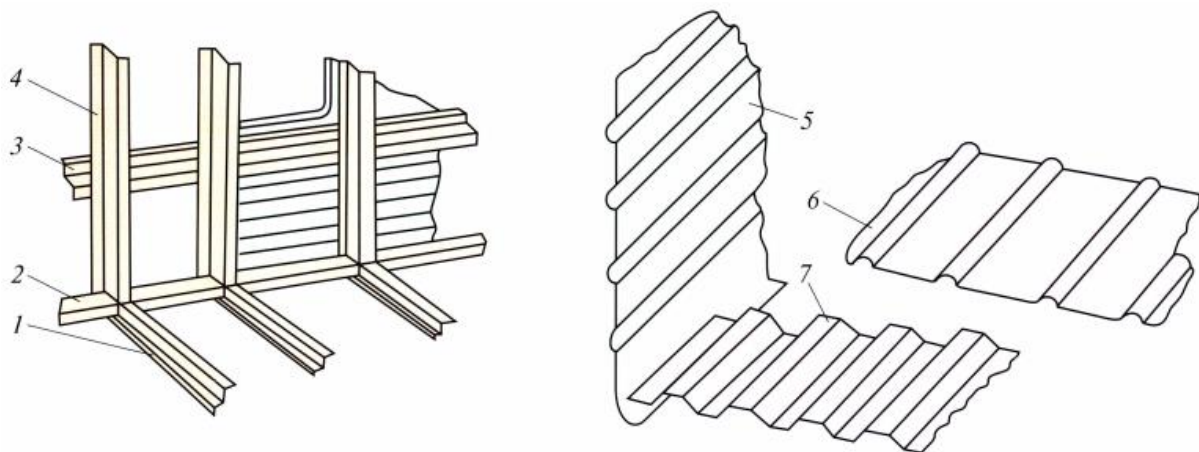


Рисунок 6 - Схема каркасу, обшивки та підлоги вагона

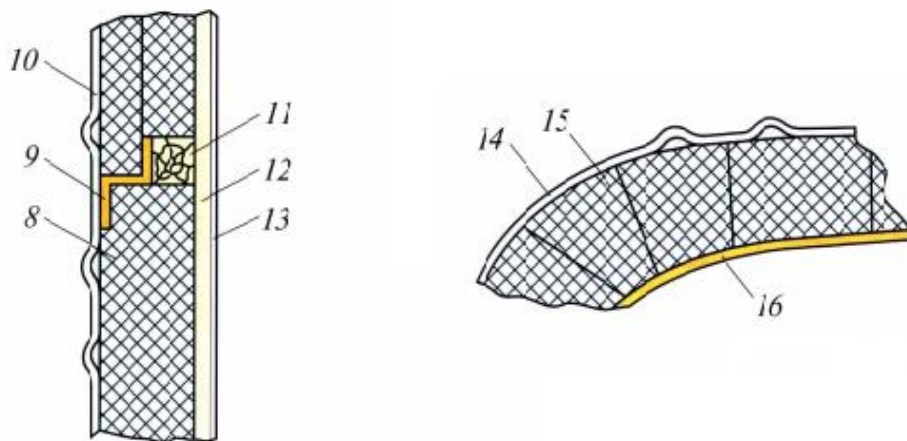


Рисунок 7 - Схема бічної стінки та даху вагона

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		18

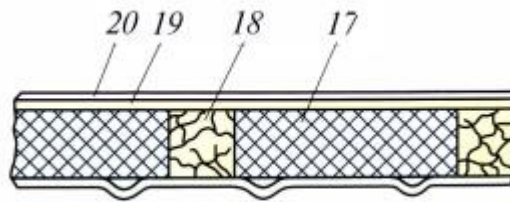


Рисунок 8 – Схема підлоги вагона

Відповідно до цих рисунків позначається : 1 — поперечна балка; 2, 3, 4, 9 — стійки; 5, 10 — зовнішня обшивка; 6, 7, 21 — обшивка підлоги; 8, 15, 17— теплоізоляція; 11, 18— дерев'яний бруски (решітка) ; 12, 19— фанерна плита; 13 — обшивка из пластику (ламінату); 14— обшивка даху; 16— внутрішня обшивка; 20 — лінолеум

Також важливу роль в теплоізоляційних властивостях відіграють вікна та двері через які згідно статистики можуть бути втрати та надходження до 30-35 % тепла як взимку та і влітку.

Схеми сучасних дверей вагона та вікон приведені на наступних рисунку 9.

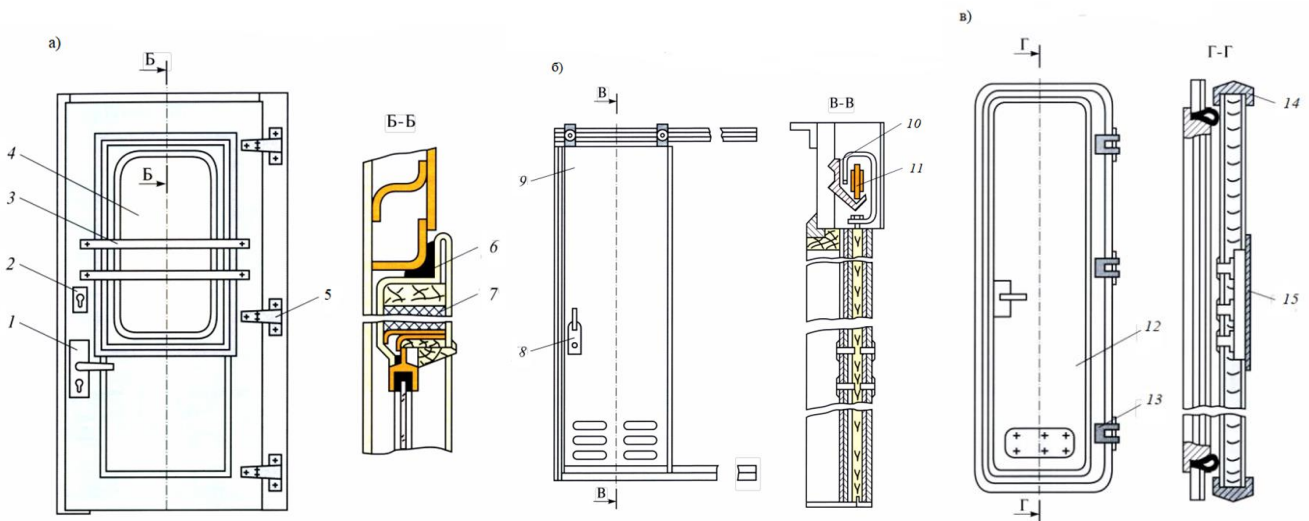


Рисунок 9 - Схема дверей: а) двері тамбура бокові, б) двері купе, в) двері туалета

1 — ручка-фіксатор; 2— замок; 3— решітка запобіжна; 4— вікно; 5 — петля накладна; 6— ущільнення; 7 — теплоізоляція; 8— ручка з замком; 9, 12 — створка дверей; 10 — проільний рельс; 11 — рама; 13 — накладная петля; 14 — лиштва; 15 — жалюзі.

Відповідно до нових технологій вікна на даний момент виконують або

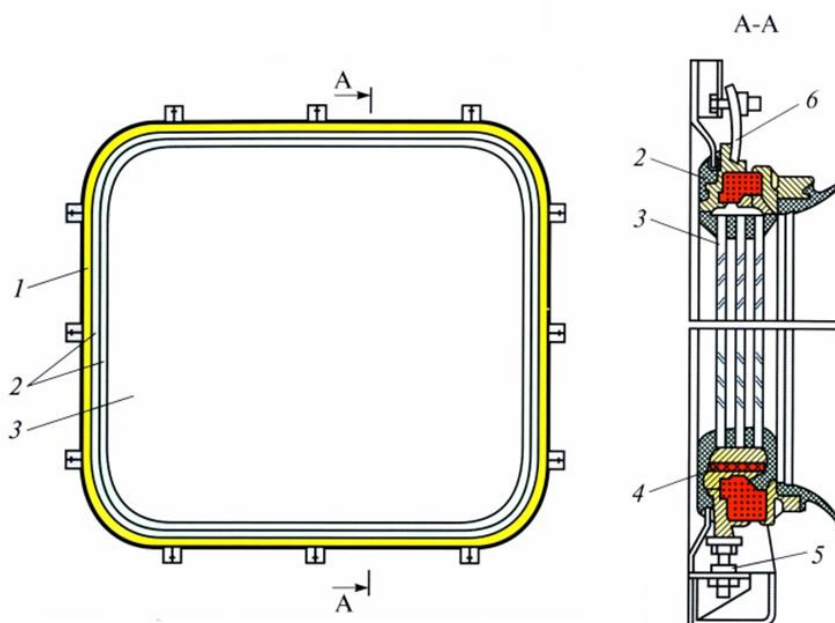
					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		19

металопластиковими або алюмінію. Відхід від дерев'яних повязаний малою щільністю, постійним доглядом за ними, великими тепловтратами.

Алюмопластові вікна нового покоління забезпечують більш високий захист приміщень вагона від шуму, вологи, пилу та інших зовнішніх факторів. Вікна бувають трьох видів: глухе; вікно з кватиркою та вікно з так зване- «аварійний вихід».

Вікно складається з каркасу, зібраного з двох напіврам, виготовленого з алюмінієвого профілю з пластмасовою терморозв'язкою, двокамерного скла і гумових ущільнювачів. Вікно з кватиркою забезпечує вентиляцію приміщень при відкритому положенні кватирки. Кватирка обладнана ручками-замками. Вікно «аварійний вихід» складається з висувного віконного пакета, встановленого в основний каркас і закріпленого гумовим ущільнювачем. В аварійних ситуаціях замковий гумовий ущільнювач із чекою висмикують за ручку та видавлюють пакет назовні вагона. Приведення вікна у вихідне положення здійснюють підйомним механізмом.

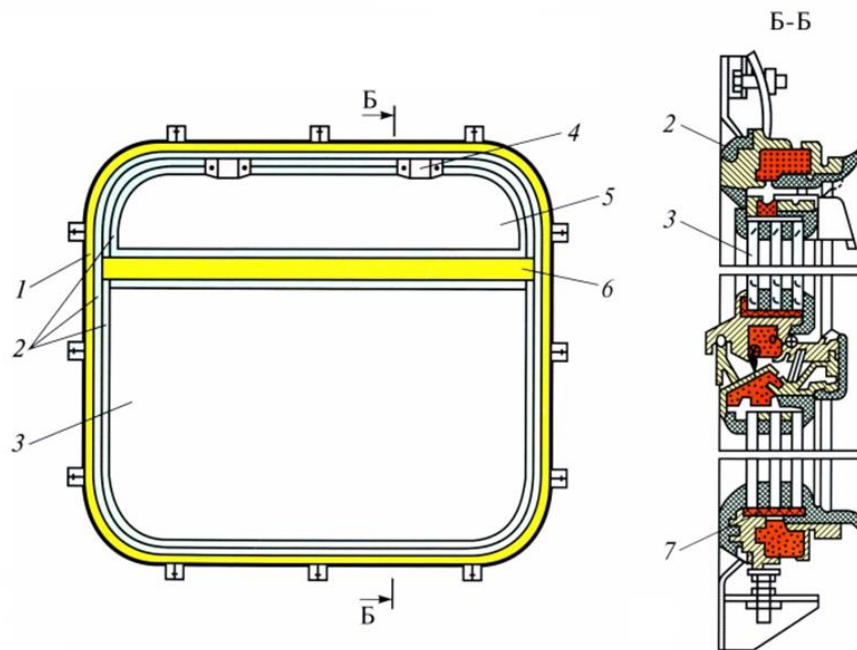
Всі ці види вікон проведені на рис. 10- рис.12.



1— каркас; 2 — гумові ущільнювачі; 3 — склопакет; 4 - дистанціонуючі планки; 5 — регулюємий упор; 6 — прижим

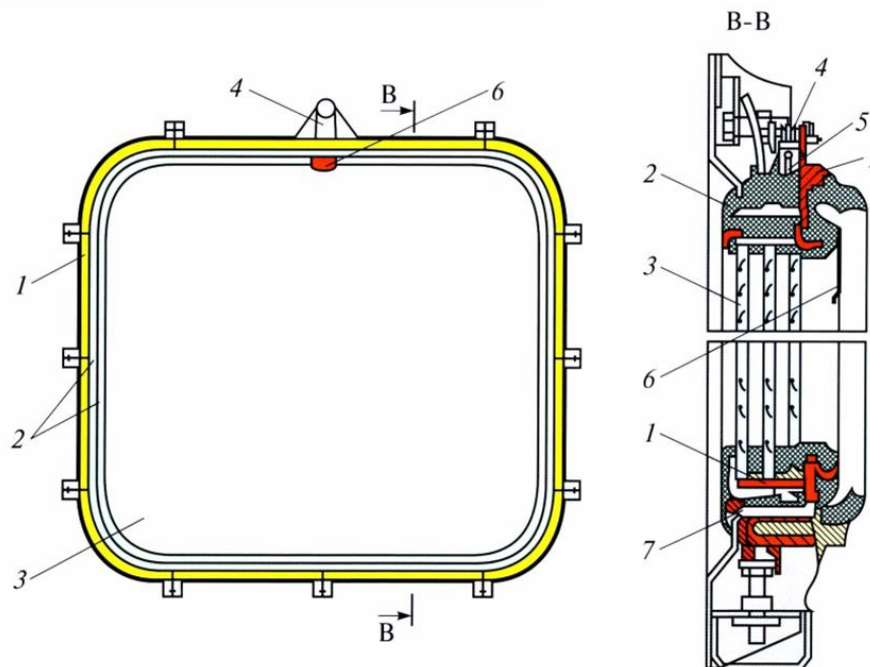
Рисунок 10 - Вікно глухе широке

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		20



1 — каркас вікна; 2 — гумові ущільнювачі; 3 — скло- пакет; 4 — ручка- замок; 5 — форточка; 6 — подфорточная перемичка; 7 — дистанціруючі планки

Рисунок 11 - Вікно з форточкою (квартирною)



1 — каркас вікна; 2 — гумові ущільнювачі; 3 — склопакет; 4 — механізм подйому; 5 — тросик механізма; 6 — ручка; 7 — технологічна чека

Рисунок 12 - Вікно «аварийний вихід»

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		21

Також для покращення (зменшення тепловтрат зимою та зменшення впливу сонячної радіації) вікна можна встановлювати ріноманітної конструкції, що підвищить ефективність теплоконструкції вагона.

1.3 Перспективні напрямки розвитку теплогороджувальних конструкцій вагонів

Провівши аналіз літератури [1, 7,8,13,14] можна зробити висновок, що останнім часом є тенденції щодо застосування новітніх технологій не тільки у самих матеріалах а і у виконанні. Так автори [9] ввежають, що одним способом зниження масогабаритних показників вагона є використання більш легких теплоізоляційних матеріалів. Один із яскравих таких прикладів матеріалів це є вакуумна теплоізоляція на основі екструдованих стільникових (сотових) панелей.

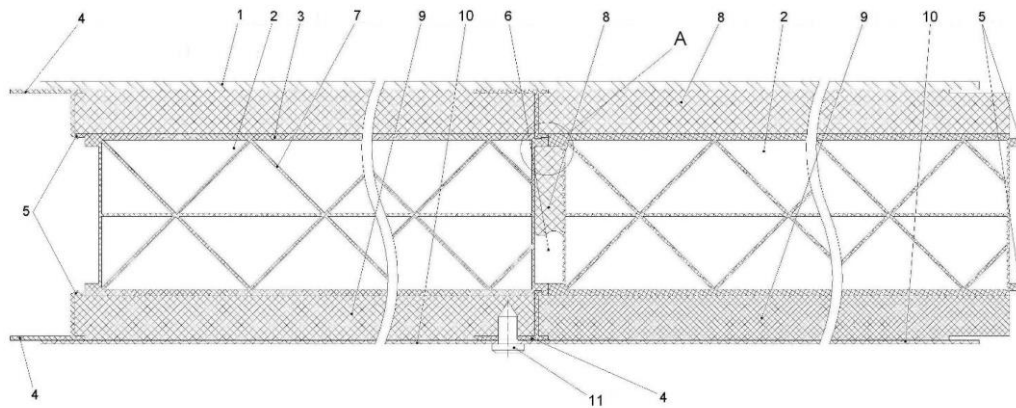
Робота в цій галузі відповідно до [14] може вестись за такими напрямками: першбq напрямок – кузов пасажирського вагона складається з додаткової внутрішньої або зовнішньої теплоізоляції [2];

Другий напрямок – кузов пасажирського вагона складається з екструдованих поліамідних панелей, внутрішня порожнина яких вакуумована [3, С. 103];

Третій напрямок – кузов пасажирського вагона складається із сталевого каркаса, зовнішньої обшивки із сталевого листа та внутрішньої обшивки із пластику, між якими розташовані шари тепло- та звукоізоляції у тому числі вакуумна теплоізоляція у вигляді поліамідних екструдованих панелей [3, С. 14].

Проект стінки пасажирського вагона з вакуумною теплоізоляцією у вигляді екструдованих поліамідних панелей представлений на рисунку 13 (взято з [4, С. 23]).

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		22



1 – зовнішня сталева стінка; 2 – вакуумні теплоізоляційні елементи; 3 – зовнішні обичайки; 4 – кронштейни-обмежувачі; 5 – роз'ємні з'єднання типу «засувка»; 6 – зазори; 7 – внутрішні ребра жорсткості; 8 – спінений теплоізоляційний матеріал; 9 – звукоізоляційний матеріал; 10 – внутрішня декоративна стіна; 11 – кріпильні елементи

Рисунок 13 - Теплоізолююча стінка за патентом №182546:

З винаходом технології 3-D друку та появою у 2010-х роках спеціальних промислових 3-D принтерів, які здатні надрукувати практично будь що і в тому числі теплоізолюючий шар (конструкцію) вагона стали порівнювати різні способи виробництва теплоізолюючих шарів вагонів.

У випадку зі стільниковими панелями на сьогодні провідною технологією є виробництво за допомогою екструзійних ліній, відповідно до якої розігрітий матеріал видавлюється через формувальну матрицю. Даний метод екструзії є продуктивнішим від всі решта. Продуктивність екструдерів може варіюватися від 180 кг/год до 1200 кг/год., при чому маючи різноманітну форму матриць можна випускати продукцію різної конфігурації вакуумних теплоізоляційних панелей.

Порівнюючи виробництво 3-D друку та екструзійних ліній, виробництва мають безліч подібностей. За допомогою екструдера, змінюючи матриці (форми), можна варіювати товщину стінки, форму та розмір стільникової панелі. Відмінності у виробництві лежать в конструкції самого обладнання та принцип його дії, що нерідко позначається на продуктивності.

Відповідно до [13] проведено аналіз та порівняння двох матеріалів пінополістиролу ПСБ-С та мінеральної вати URSA Terra. В роботі були визначені загальні і площі теплоізолюючого матеріалу та визначено при їх вихідних характеристиках 1 м² стінки становить 24,444 кг, маса поліамідних вакуумних панелей – 6,564 кг, маса теплоізоляції з пінополістиролу ПСБ-С із щільністю 140 кг/м³ – 0,961 кг, маса звукоізоляції з матеріалу URSA Terra - 0,119 кг. То в загальному на вагон поліамід ПА-6 – 1781 кг, пінополістирол ПСБ-С – 261 кг, матеріал URSA Terra - 32 кг. При практично таких самих теплоізоляційних характеристиках вагона.

В дослідженнях [14] автори проводили визначення теплотехнічних властивостей кузовів пасажирських та рефрижераторних вагонів, а також стінок ізотермічних контейнерів з алюмінієвих панелей, отриманих методом екструзії. Пропонована схема приведена на рис. 13.

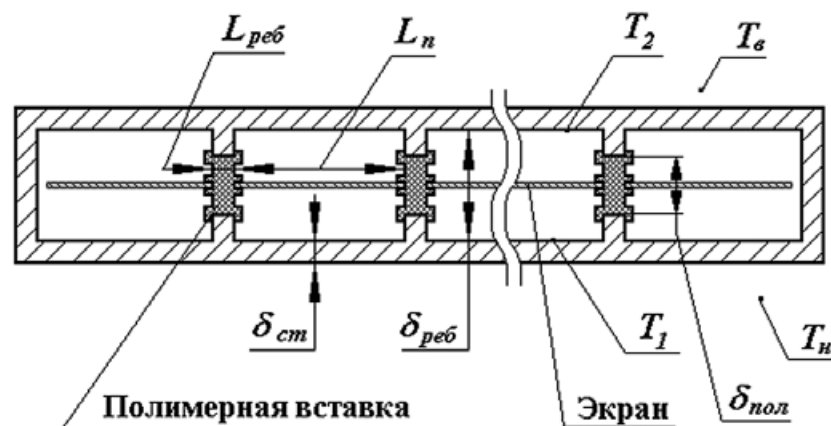


Рисунок 13 - Схема панелі, отриманої з алюмінієвого сплаву методом екструзії, з полімерними вставками та екранами з листового алюмінію

Як захист від температурного впливу навколишнього середовища на пасажирів ними запропоновано виготовляти стінки вагонів з алюмінієвих пустотілих панелей, отриманих методом екструзії, що по боках загерметизовані і відвакумовані до величини залишкового тиску менше 1...2 кПа. Така конструкція стінок вагонів і контейнерів є одним з кращих видів теплоізоляції, так звану екранно-вакуумну теплоізоляцію [3].

Аналіз результатів в [14] авторів розрахунків показав, що при

						Арк.
					031.190522.01.ВКР.ПЗ	24
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

залишковому тиску у порожнинах екструдованих алюмінієвих панелей понад 3...5 кПа стінки з таких панелей за своїми теплозахисними властивостями поступають сучасним теплоізоляційним матеріалам типу пінополістиролу ПСБ-С або матеріалу URSA. Але при зниженні величини залишкового тиску менше 1...2 кПа в порожнинах алюмінієвих панелей теплозахисні властивості таких панелей значно перевищують властивості сучасних теплоізоляційних матеріалів. Автори [14] проводили подальше зниження тиску в панелях, але це не призвело до збільшення теплозахисних властивостей через дію радіаційного теплообміну та теплопередачі по ребрам жорсткості шляхом теплопровідності.

В результаті проведеного дослідження в [13,14], за допомогою розробленої ними математичної моделі встановлені наступні конструктивні фактори, що впливають на теплоізоляційні властивості екструдованих алюмінієвих панелей:

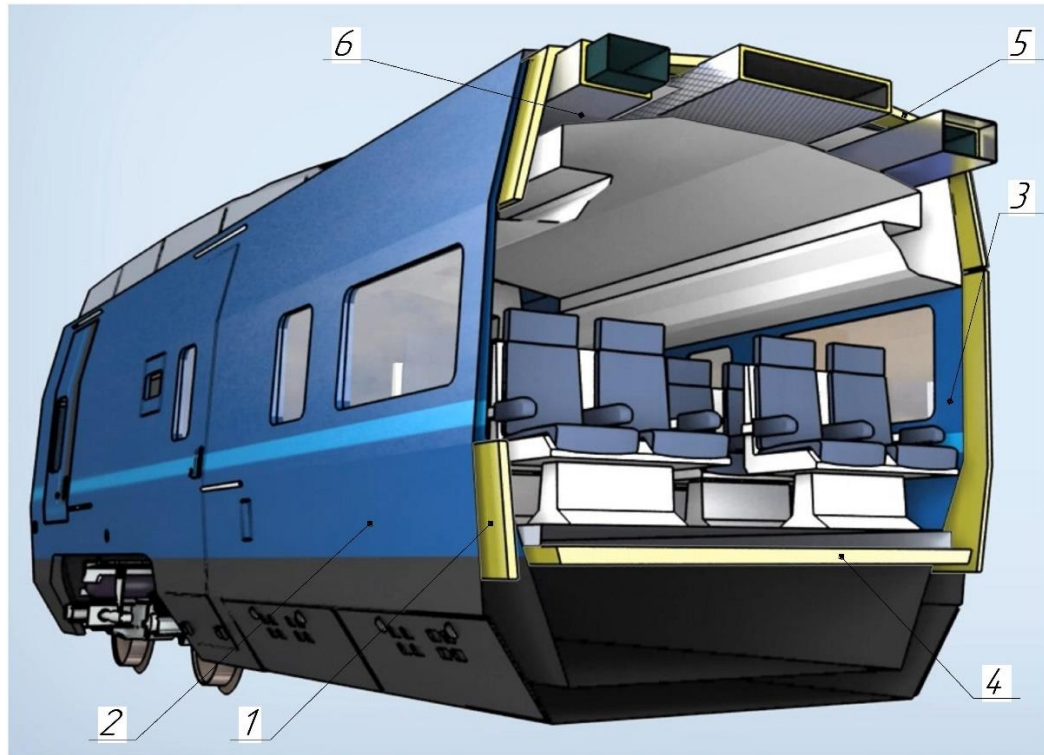
- величина залишкового вакууму порожнинах теплоізолюючих панелей;
- встановлено відстань між зовнішньою та внутрішньою стінками панелей;
- розраховано та визначено співвідношення між товщиною ребер та відстанню між ними;
- про необхідність спеціальних екранів з алюмінієвої фольги у порожнинах панелей;
- про необхідність спеціальних теплоізолюючих вставок у ребрах панелей (вставки мають бути або дерев'яні, або помірні.

Згідно з розрахунками авторів [14], використання оптимальних конструктивних факторів здатне у 2...3 рази підвищити теплоізоляційні властивості екструдованих алюмінієвих панелей порівняно із сучасними теплоізоляційними матеріалами і відповідно до висновків після виконаної роботи, що виконання стінок пасажирських та рефрижераторних вагонів, а також ізотермічних контейнерів з таких панелей дозволить значно скоротити витрати енергії на охолодження внутрішніх приміщень у літній період та їх обігрів – узимку.

Відповідно до досліджень, які викладені в [4] Королівський

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		25

технологічний інститут КТН, Стокгольм, Швеція та інших європейських країнах запропоновано робити сучасні конструкції кузовів наступної конструкції, які приведені на рис. 14. З типовою будовою огорожень у вигляді сендвіч-панелей (див. рис. 15).



1 – ізоляція бокової стіни; 2 – зовнішня обшивка; 3 – внутрішня обшивка;
4 – ізоляція підлоги; 5 – ізоляція даху; 6 – вентиляційні канали

Рисунок 14 - Схема огороження кузовів вагонів типу ICE

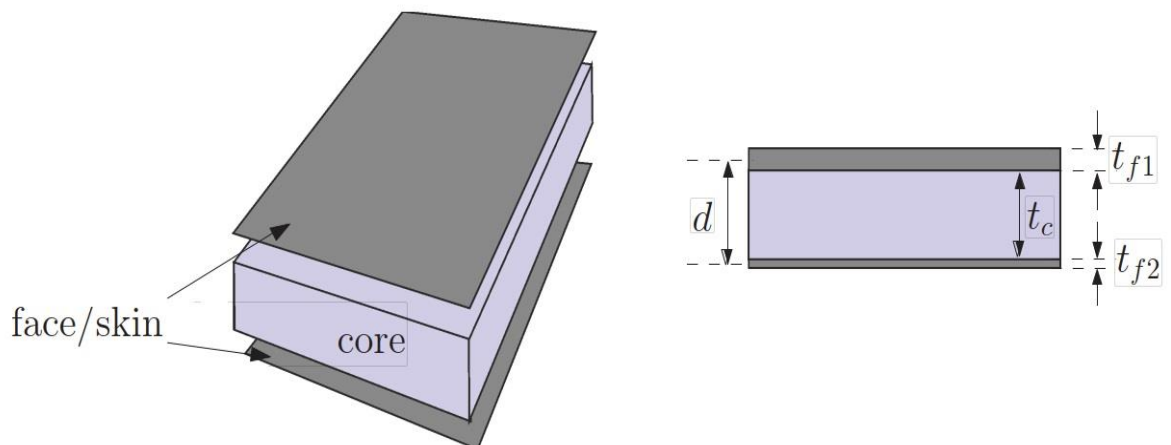


Рисунок 15 – Типова сендвич-панель

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		26

2 ВИМІРЮВАННЯ СТАНУ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕПЛОВІЗОРА

2.1 Загальні відомості про тепловзійний контроль та засоби для його проведення

Тепловізором прийнято вважати оптико-електронну систему або прилад, який призначений для отримання видимого зображення об'єктів, що випускають невидиме теплове (інфрачервоне) випромінювання. В даний час на світовому ринку є велика кількість моделей тепловізорів. Для визначення тепловтрат і оцінки опору теплопередачі необхідно застосовувати сучасні вимірювальні тепловізори, які забезпечуватимуть температурний відліки у всіх пікелях. В діагностиці на залізничному транспорті застосовують як короткохвильові тепловізори (робочий діапазон довжин хвиль 2,0-5,5 мкм), так і довгохвильові (робочий діапазон довжин хвиль складає 7-14 мкм) тепловізори.

Довгохвильові тепловізори краще відповідає спектру випромінювання тіл при температурі навколишнього середовища, крім того, в цьому діапазоні вплив відбитого сонячного випромінювання мінімальний. Загалом, допустимо використовувати тепловізори обох типів з урахуванням особливостей їх застосування в зазначених спектральних діапазонах для контролю. При налаштуванні тепловізора, а також при отриманні неоднозначних результатів, слід використовувати контактні засоби вимірювання температур (безконтактні та контактні термометри) за умови збільшення точності.

Тепловізори включають в себе наступні основні вузли:

- ІЧ (інфрачервоний) детектор;
- ІЧ об'єктив;
- сканер;
- пристрої охолодження ІЧ приймача;
- вбудований еталон температури і температурні датчики для компенсації коливання теплового режиму всередині оптичної головки тепловізора;
- електронний блок з пристроями запису термограмм;

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		27

- монітор.



Рисунок 16 – Рагальний вигляд тепловізора Testo 875-1

Важливими параметрами ІЧ детектора є: область спектральної чутливості, детектуючих здатність по Джонсу, постійна часу і робоча температура.

Важливими параметрами ІК об'єтив є: кут зору, пов'язаний також з фокусною відстанню об'єктива.

Засоби теплового контролю, повинні бути внесені до державного реєстру засобів вимірювальної техніки, проходять метрологічну повірку у відповідних організаціях, якщо вимірювання є офіційними для обшрунтування відповідних показників.

Однак для проведення комплексного теплового контролю крім тепловізора, а також необхідні додаткові наступні пристрої: ІЧ термометр, вимірювач щільності теплового потоку, анемометр, ртутний термометр, манометр, повітряний насос, термоанемометр, вологомір, психрометр.

Для розрахунку кількісних теплотехнічних характеристик і параметрів

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		28

дефектів використовують персональні комп'ютери, стандартне і спеціалізоване програмне забезпечення для обробки вимірювальної інформації, аналізу термограм, проведення необхідних розрахунків. Дане програмне забезпечення є передбачене для деяких типів тепловізорів.

2.2 Методика проведення вимірювань тепловізором Testo 875-1

Метод вимірів параметрів включає дистанційні виміри температурних полів огорожувальних конструкцій по тепловому випромінюванню їх поверхні (тепловізійні виміри, термографування), вимір температури, теплового потоку, параметрів довкілля.

Так при проведенні обстеження між внутрішніми і зовнішніми поверхнями контрольованих огорожувальних конструкцій повинен забезпечуватись тепловий стан, що характеризується перепадом (різницею) температур, достатнім для формування якісних термограм, виявлення дефектів і визначення якості теплозахисту.

Розташування дефектів огорожувальної конструкції, що обстежується, визначається на основі аналізу різниці температурних полів поверхні дефектної області в порівнянні з якісними областями, характеристики яких залежать від параметрів дефекту (розмір, глибина залягання, теплофізичні характеристики) і розмірів, структури і теплофізичних характеристик матеріалів огорожувальної конструкції.

Момент реєстрації температурних полів обстежуваних огорожувальних конструкцій вибирається під час проведення вимірювання їх теплового стану в процесі обстеження, виходячи з наявності умов, оптимальних для тепловізійного контролю дефектів.

Термографуванню (тепловізійному обстеження) піддаються зовнішні та внутрішні поверхні обстежуваних конструкцій. З оглядової термограми зовнішньої поверхні огорожувальних конструкцій виявляють ділянки з порушеними теплозахисними властивостями, які потім піддають детальному

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		29

обстеженню.

Лінійні розміри дефектних ділянок визначаються по термограмі з урахуванням геометричного масштабу.

Умови проведення тепловізійного контролю відповідно до технічних характеристики тепловізора є відмінними але загальні наведено нижче:

1. Необхідні погодні умови - відсутність інтенсивного сонячного освітлення, відсутність випадання опадів та сильного вітру.
2. Необхідна наявність значної різниці між внутрішньою і зовнішньою температурами (більше ніж 15°C).
3. Температура навколишнього середовища повинна бути в межах від -15 до +40°C, вологість від 20 до 80 %.
4. Вагон (об'єкт обстеження) повинен знаходитися у межах доступу з максимально можливою відстанню (близько 8 м) від бокових та торцевих стін.

Порядок проведення тепловізійного дослідження є наступним:

1. Перед початком використання тепловізора, для забезпечення найвищого рівня точності потрібно видержати період вирівнювання, щонайменше, 5 хвилин після включення для забезпечення правдивих результатів показів.

2. Перед початком теплотехнічного контролю для настройки пристрою необхідно провести вимірювання відстані до контрольованої поверхні і параметрів навколишнього середовища (швидкості, температури і відносної вологості повітря).

Для встановлення реального коефіцієнта випромінювання обстежуваної поверхні необхідно визначити температури заздалегідь намічених точок контактним і безконтактним (тепловізійним) методами. При різниці значень регулювати заданий коефіцієнт до тих пір, поки значення температур не зрівняються.

Реальний коефіцієнт випромінювання можливо визначити і другим методом. Для цього на обстежувану поверхню необхідно приклеїти шматок самоклеючої плівки коефіцієнт випромінювання якої ми знаємо. Після невеликого проміжку часу вимірюємо тепловізором, задавши коефіцієнт випромінювання

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						30
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

самоклеючої плівки, температуру поверхні вимірюваного об'єкта на ділянці, покритому плівкою. Отримане значення температури є еталонним значенням. Далі виконуємо налаштування коефіцієнта випромінювання до тих пір, поки за допомогою тепловізора не отримаємо значення температури, рівне еталонному, при вимірюванні в області, не покритому плівкою. Відповідний коефіцієнт випромінювання буде коефіцієнтом випромінювання поверхні вимірюваного об'єкта.

Замість самоклеючої плівки також можливо:

- покрити вимірюваний об'єкт покриттям або фарбою з відомим коефіцієнтом випромінювання;
- покрити вимірюваний об'єкт товстим шаром (> 0.13 мм) теплостійкого масла ($\epsilon \approx 0.82$);
- покрити вимірюваний об'єкт товстим шаром сажі ($\epsilon \approx 0.95$).

3. Термографію розпочинають з загальних знімків бокових та торцевих обшивок з подальшою фіксацією зображень ділянок обшивки послідовно по периметру (розмір частин залежить від можливостей доступу та формування якісних термограмм) з перекриттям зон контролю на 15-20 % для правильного поєднання кадрів.

Тепловізор (або інший пристрій термографування) встановлюють таким чином, щоб в поле зору потрапив по можливості весь обстежуваний фрагмент огорожувальної конструкції.

При термографуванні з переміщенням оператора уздовж об'єкта необхідно зберігати зафіксовану відстань до об'єкта з метою коректності подальших розрахунків.

Термографування супроводжується покадровим записом термограм на накопичувач з метою подальшої комп'ютерної обробки теплового зображення.

Термографування поверхні повинно супроводжуватися її фотографуванням. Ці операції можуть бути рознесені за часом, тому що для отримання якісних фотографій потрібне гарне освітлення поверхні, яке зазвичай перешкоджає якісній тепловізійній зйомці через наявність температурних перешкод.

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		31

4. Під час проведення теплотехнічного контролю з зняттям термограм визначаються місця з найбільш інтенсивним тепловипромінюванням. Контури цих місць визначаються на схематичному зображенні кузова вагона для можливості в подальшому виконання ремонтних робіт по відновленню ізоляції.

2.3 Вимірювання стану теплоізоляції пасажирських вагонів

Дослідження теплоізоляційного стану кузовів пасажирських вагонів виконувалось на ПТО ЛВЧ-5 Регіональної філії «Пасажирська компанія».

Етапи проведення досліджень:

- а) ретельний візуальний контроль очищених від бруду, снігу та корозії кузовів вагонів- вагони перед дослідженням були обмиті в вагономийній машині;
- б) перевірка тепловізором місць тепловтрат ззовні вагона;
- в) перевірка тепловізором місць тепловтрат з середини вагона;
- г) аналіз тепловтрат по типам вагонів;
- д) надання попередніх рекомендацій для зменшення тепловтрат

Дослідження кузова № 035 20291

При візуальному огляді, після застосування візуального методу неруйнівного контролю та проведення фотозйомки, не було виявлено тріщини рами, підвіконних блоків. Зображення вагону приведено на рис. 17.



Рисунок 17 – Загальний вигляд досліджуваного вагону 035-20291

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		32

Під час проведення зйомки вагону тепловізором TESTO 875-1 виробництва Німеччини були отримані наступні фотографії які приведені на рис. 18 – рис .22

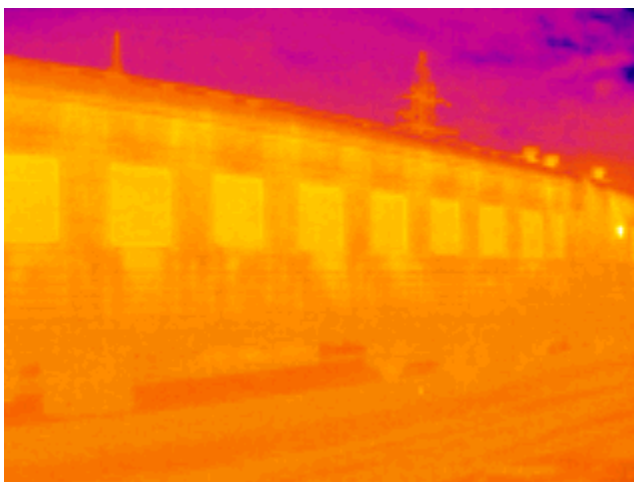


Рисунок 18 - Загальний вигляд вагона

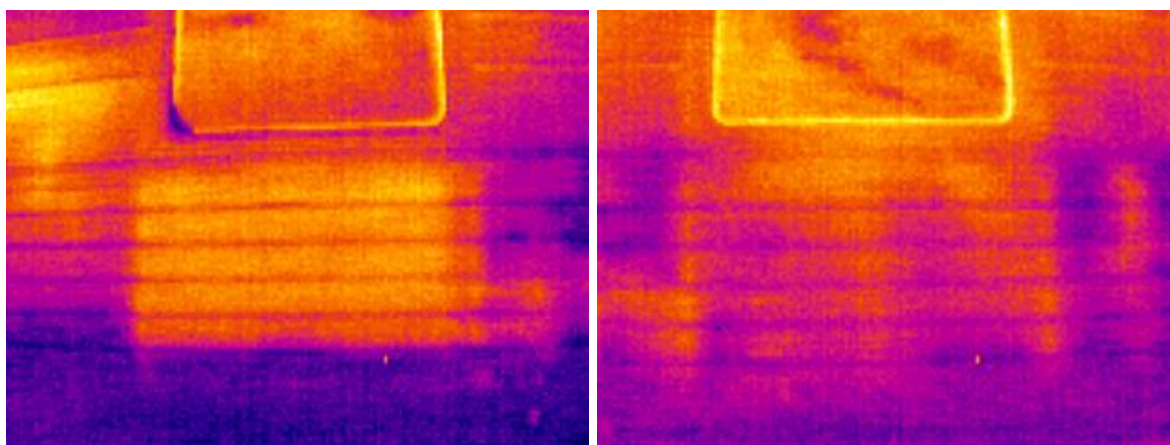


Рисунок 19 - Загальний вигляд тепловтрат підвіконних вагонних прольотів вагона ззовні кузова

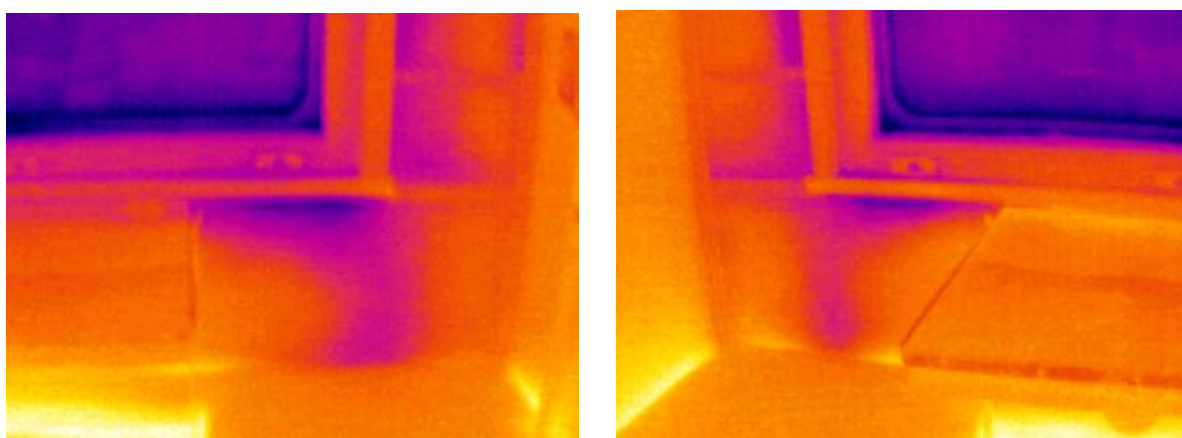


Рисунок 20 - Загальний вигляд тепловтрат підвіконних вагонних прольотів вагона всередині вагона

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		33

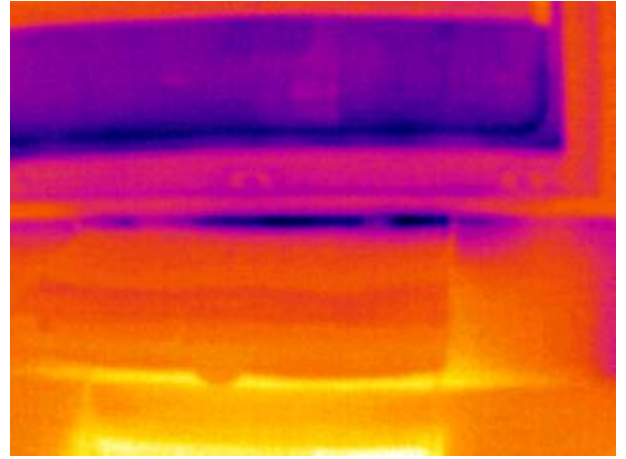
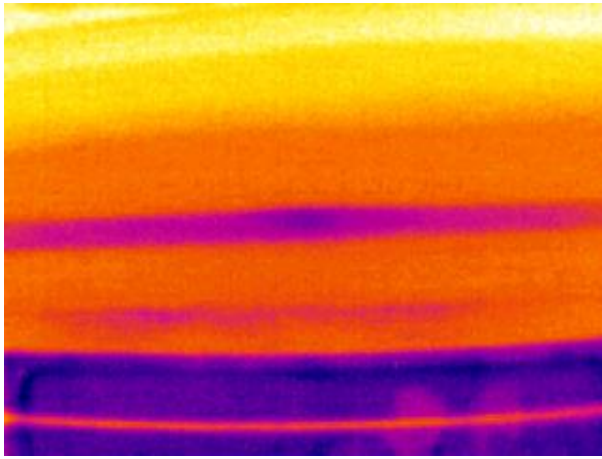


Рисунок 21 - Загальний вигляд тепловтрат в рамках вікна вагона

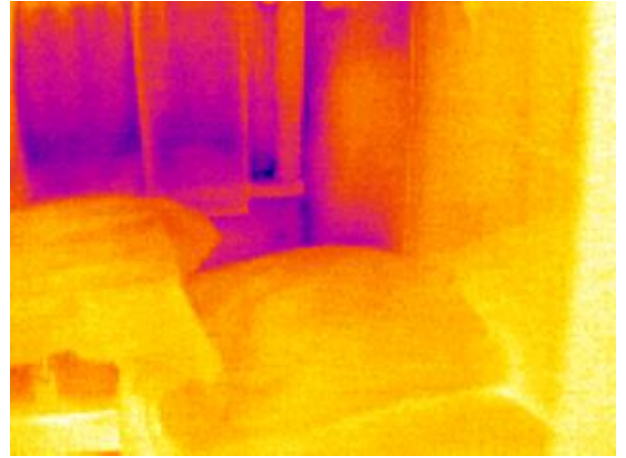
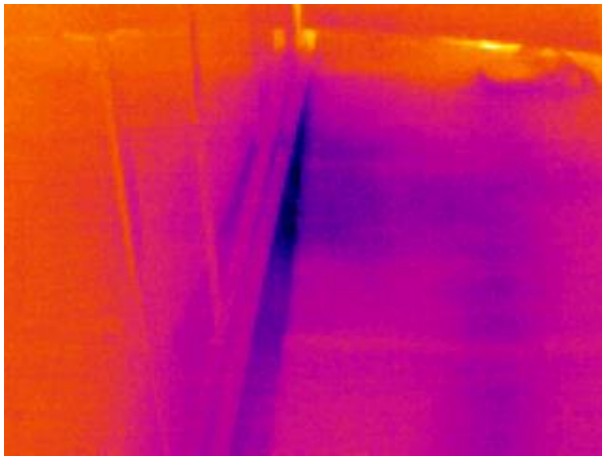


Рисунок 22 - Загальний вигляд тепловтрат в дверному проємі вагона та купе провідника

Дослідження кузова № 035 26175

При візуальному огляді, після застосування візуального методу неруйнівного контролю та проведення фотозйомки, не було виявлено тріщини рами, підвіконних блоків. Зображення вагону приведено на рис. 23



Рисунок 23 – Загальний вигляд досліджуваного вагону 035-26175

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		34

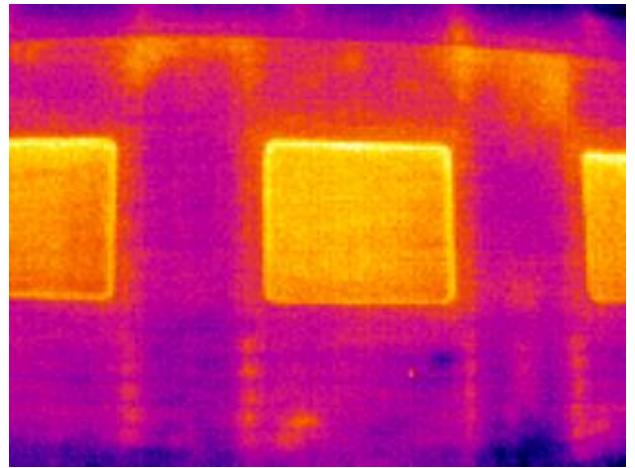
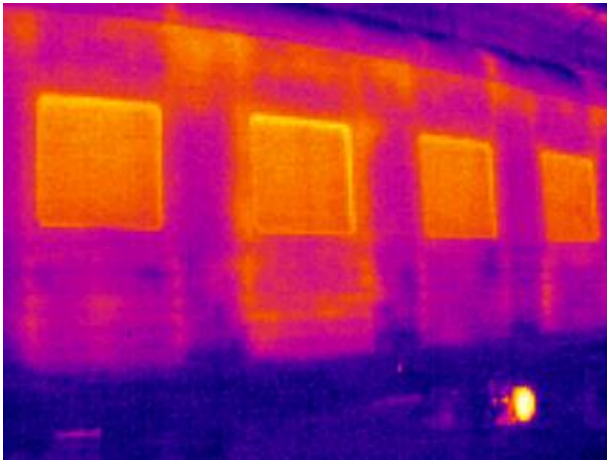


Рисунок 24 – Загальний вигляд досліджуваного вагону 035-26175 знятого теплові зором ззовні кузова

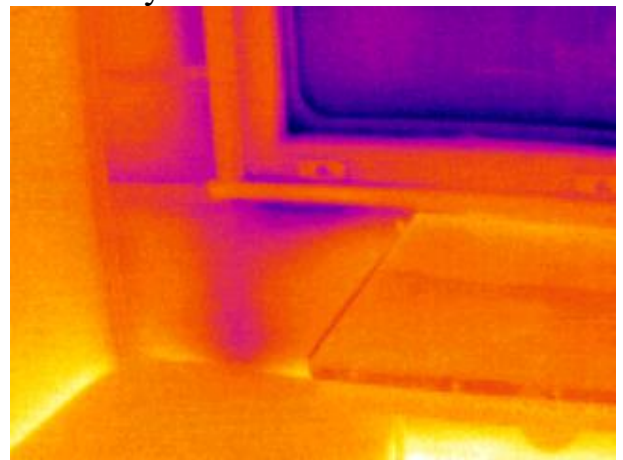
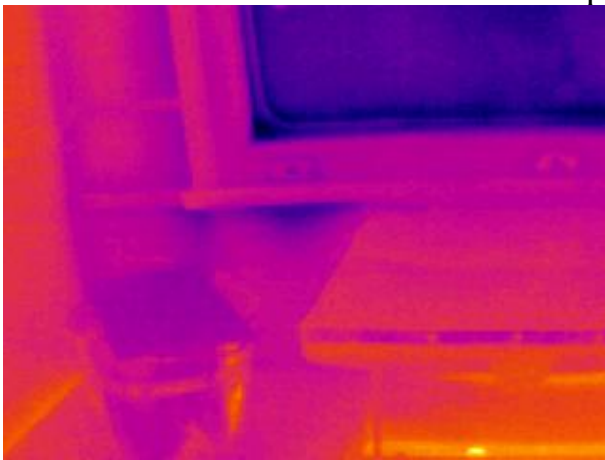


Рисунок 25 – Загальний вигляд досліджуваного вагону 035-26175 знятого теплові зором з середини кузова

Дослідження кузова № 035 13991



Рисунок 26 – Загальний вигляд досліджуваного вагону 035-13991

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		35

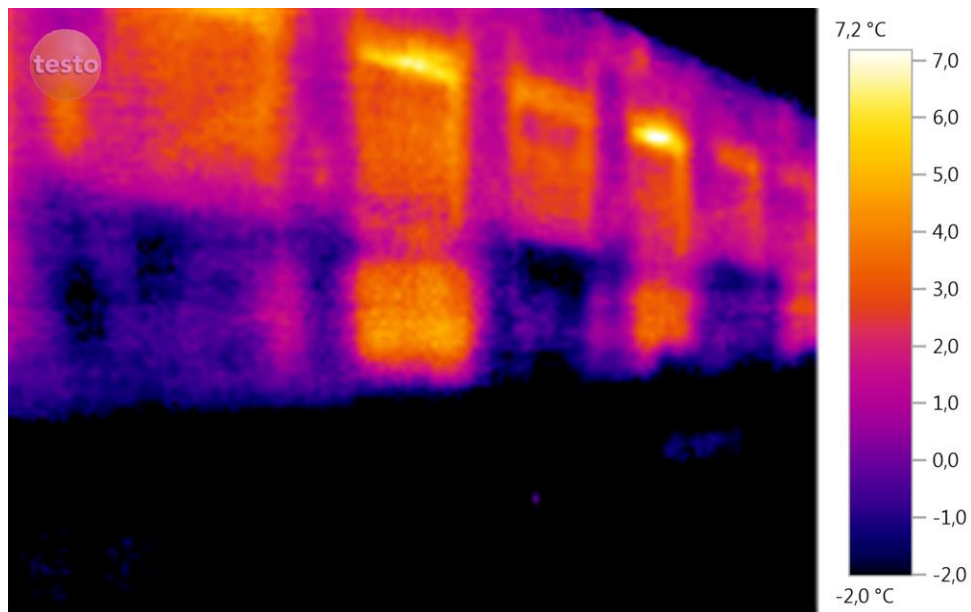


Рисунок 27 – Загальний вигляд досліджуваного вагону 035-13991 знятого теплові зором ззовні кузова

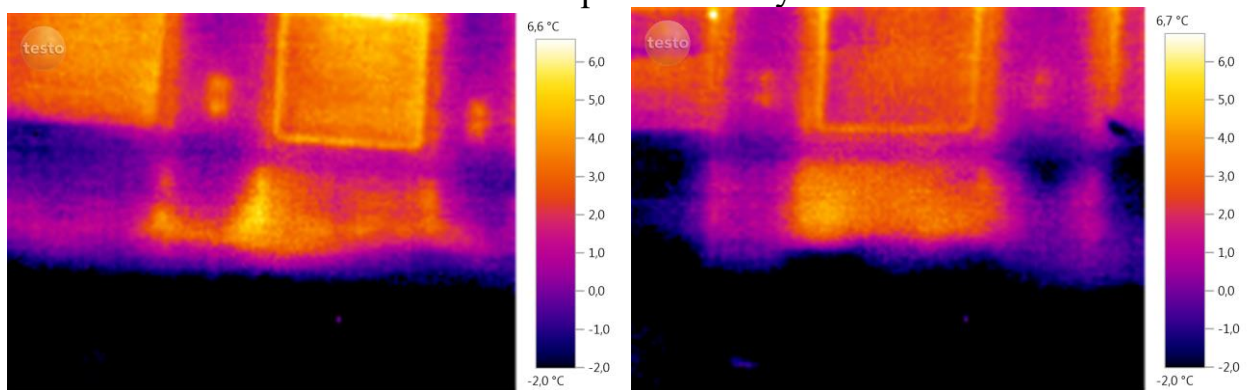


Рисунок 28 – Загальний вигляд досліджуваного вагону 035-13991 знятого теплові зором з зовні кузова

2.3.1 Зведені результати вимірювань -дослідженькузовів вагонів

При обстеженні трьох кузовів пасажирських вагонів було тепловтрати по кузовах які є характерні для всіх вагонів це такі тепловтрати в на ділянках віконних блоків та стійок поперечних та проміжних суцільнометалевого кузова до яких кріпляться дерев'яні бруски та між ними знаходиться теплоізоляційний матеріал (рис. 29).

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		36

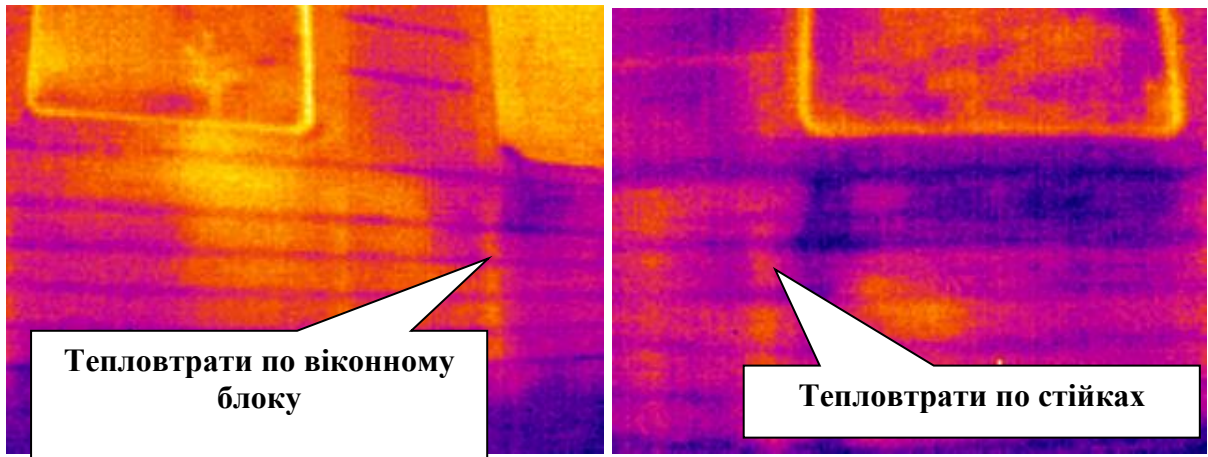


Рисунок 29 – Місця тепловтрат в районі стійок та віконного блоку

На рис. 30 вказано нехарактерні (збільшені тепловтрати) кузова пасажирського вагону відкритого типу в нижній частині кузова та у верхній частині кузова. Це свідчить про неналежне виконання ремонту або ж невідповідний теплоізоляційний матеріал (рис. 31 та рис. 32).

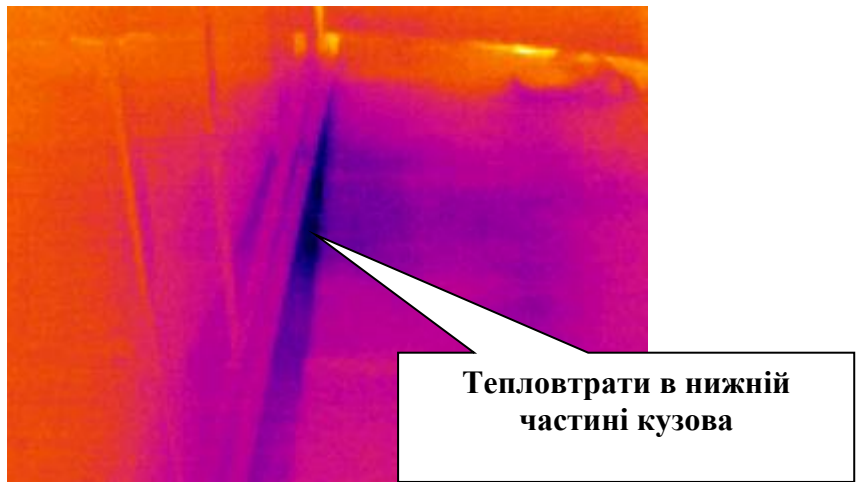


Рисунок 30 – Тепловтрати в нижній частині кузова

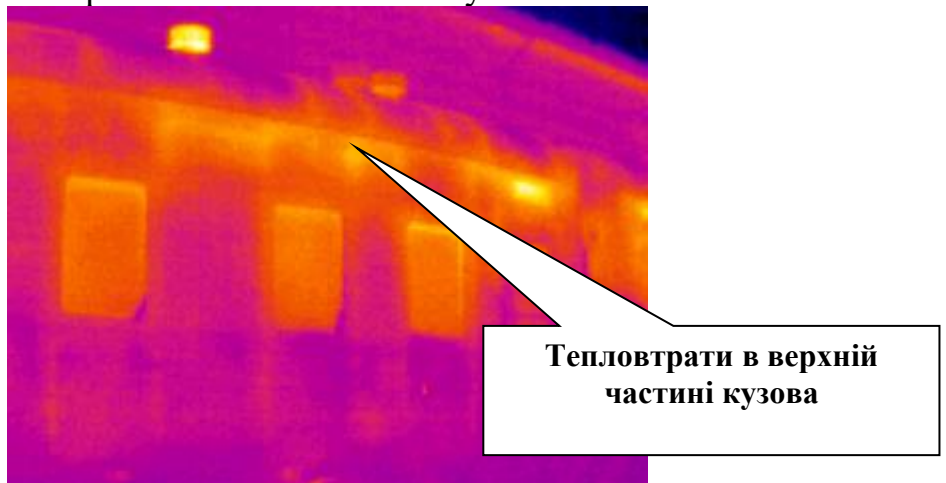


Рисунок 31 – Тепловтрати в верхній частині кузова

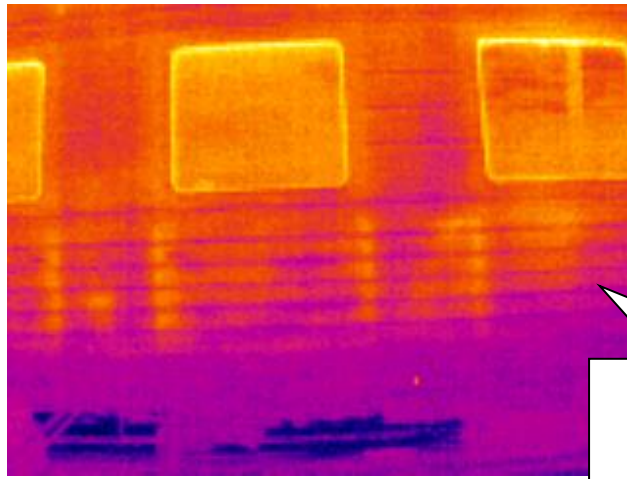


Рисунок 32 – Тепловтрати в нижній частині (розмиті втрати)

2.4 Висновки

1. При дослідженні трьох кузовів пасажирських вагонів було виявлено місця тепловтрат, які розташовані у зварних швах з'єднання поздовжніх балок з поперечними та накладках поздовжніх балок кузова. Також За результатами досліджень просліджується закономірність виникнення тепловтрат.

2. Тепловтрати по кузову є і нехарактерні тепловтрати, які залежать від технології укладанні теплоізоляційного матеріалу, а також від самого матеріалу.

3. Використовуючи тепловізор та відповідно технологію, яку необхідно розробити можна проконтролювати якість виконання ремонту.

4. Також використовуючи тепловізор, пірометр та іншу вимірювальною технологію можна зробити перевірку властивостей даного матеріалу.

5. Пропонується в місцях характерних тепловтрат можна застосувати спеціальні фарби з відповідними тепло ізолюючими матеріалами для зменшення тепловтрат.

6. Також доцільно для зменшення тепловтрат доцільно захистити самі вікна через які є найбільші тепловтрати застосовуючи спеціальні тепло ізолюючі покриття або плівки.

7. Провівши дані зміни та підвищивши теплоізоляційні характеристики можна провести розрахунок для виявлення зменшення витрати вугілля, електроенергії і відповідно коштів.

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		38

3 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ОГОРОДЖЕННЯ ВАГОНА

Основними показниками теплотехнічних якостей кузова вагона як писалось вище є коефіцієнт теплопередачі, від величини якого залежать температура внутрішніх поверхонь огорожі, рівномірність розподілу температури за обсягом приміщення, експлуатаційні витрати на опалення та охолодження.

При розрахунку коефіцієнта теплопередачі розглядають зони та перерізи не тільки з суцільною теплоізоляцією, але й "теплові мости" - зони (перерізи кузова) з підкріплюючими елементами, які сприяють інтенсивному передачі тепла через огорожу кузова.

Величина коефіцієнта теплопередачі кузова вагона залежить від теплотехнічних властивостей будівельних та ізоляційних матеріалів, їх розмірів і взаємного розташування, герметичності з'єднань і може розраховуватись такими методами:

- метод елементарних перерізів;
- метод кругових теплових потоків;

Ці обидва методи базуються та основані на методі теплопередачі.

Метод елементарних перерізів пропонує виконувати розрахунки двома способами.

За першим способом (метод елементарних перерізів) теплоізоляційну конструкцію ділять абсолютно тонкими мембранами, є паралельними напряму теплового потоку. Вважають, що тепловий потік проходить через кожну зону між мембранами, але не перетинає їх.

За другим способом (метод кругових теплових потоків) огороження ділиться абсолютно теплопровідними мембранами перпендикулярно тепловому потоку. Розраховують, що в цьому випадку при переході з шару в шар тепловий потік переходить в зони з меншим термічним опором.

Розрахункова схема ізоляційної конструкції елемента огороження має наступний вигляд зображений на рис. :

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		39

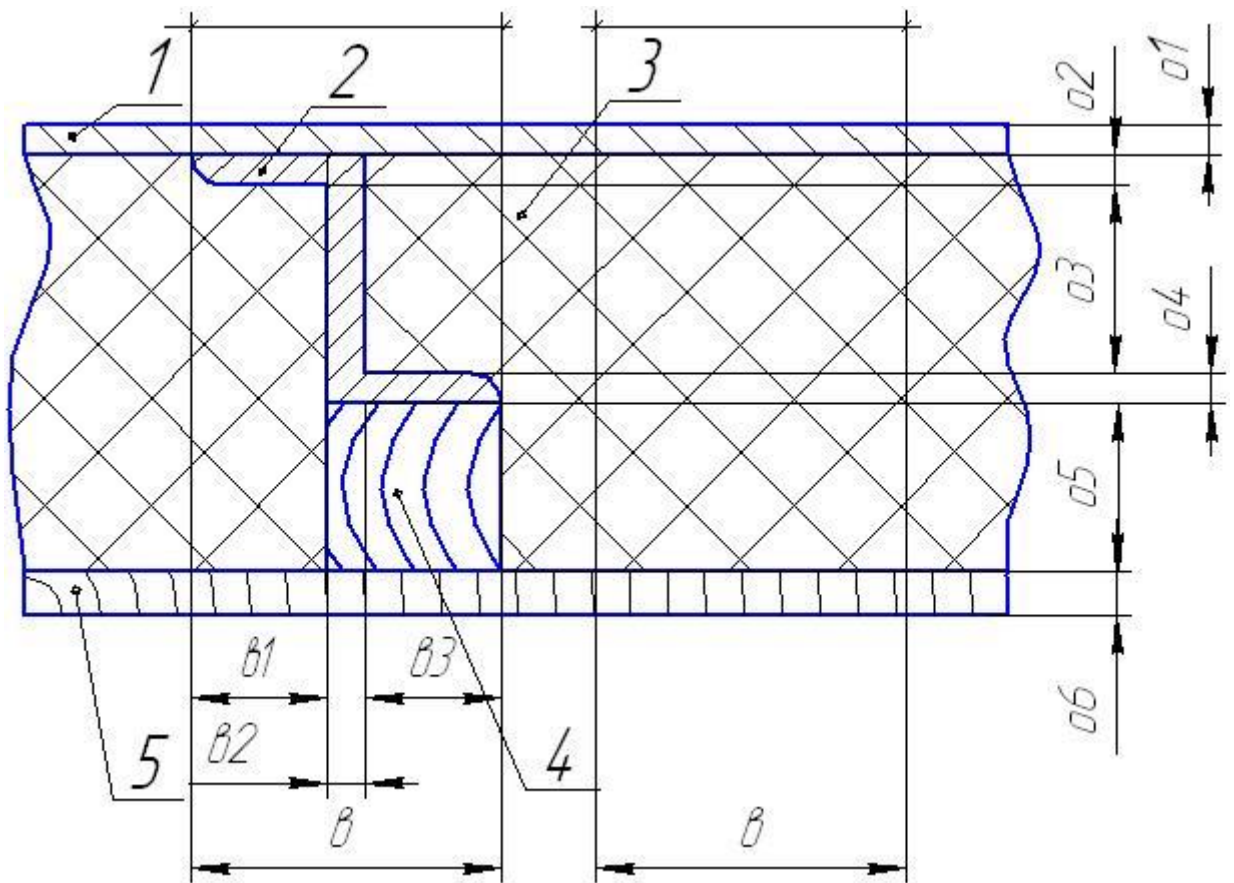


Рисунок 33 - Розрахункова схема перерізу кузова пасажирського вагона

Теплоізоляція укладається в пакет з водонепроникного матеріалу і укладається, щоб пакети другого шару перекривали стики першого.

Дерев'яні бруски просочуються протипожежним складом.

Теплоізоляція чинить основний термічний опір перенесенню тепла через огорожу кузова, тому основна властивість ізоляції – низька здатність проводити тепло.

Основними вимогами, що пред'являються до теплоізоляції, є:

- погана провідність тепла;
- теплоізоляція повинна бути негорючою або важкогорючою, мати невелику об'ємну масу, погано поглинати вологу, не руйнуватися при багатократних пониженнях і підвищеннях температури, бути міцною при роботі і транспортуванні.

Згідно з вихідними даними коефіцієнт теплопровідності теплоізоляційного шару рівний $\lambda_{із}=0,04$ Вт/(м²·К), приймаємо теплоізоляційний матеріал –

						Арк.
					031.190522.01.ВКР.ПЗ	40
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

пінополістирол ПСБ-С, оскільки він має достатньо близьке значення коефіцієнта теплопровідності $\lambda_{із} = 0,036...0,041$ Вт/(м²·К).

Даний матеріал володіє підвищеною міцністю, меншими паропроникністю і вологопоглинаємістю. Тому не потрібно покривати його вологонепроникними плівками.

Щоб підібрати мінімальну товщину теплоізоляційного шару, проведемо її розрахунок, використовуючи формулу:

$$\delta_{із} = \lambda_{із} \cdot \frac{t_{см.н} - t_n}{\alpha_{см.н} \cdot (t_n - t_{см.н})} \quad (1)$$

де $t_{п} = 27^{\circ}\text{C}$ – температура всередині вагона;

$t_n = -30^{\circ}\text{C}$ – температура ззовні вагона взимку, так як теплоізоляційний матеріал краще перевіряти взимку ;

$t_{см.н} = 27 - 3 = 24, ^{\circ}\text{C}$ – температура стінки поверхні всередині вагону;

$\alpha_{ст.п} = 8,1$ Вт/м²·К – коефіцієнт теплопередачі на внутрішній поверхні кузова;

$\lambda_{із} = 0,04$ Вт/(м К) – коефіцієнт теплопровідності теплової ізоляції;

Мінімальна товщина ізоляції буде рівна:

$$\delta_{із} = 0,04 \cdot \frac{24 + 30}{8,1 \cdot (27 - 24)} = 0,088\text{м}$$

$$\delta_{із} = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 + \delta_5, \quad (2)$$

$$\delta_{із} = 2 + 3 + 54 + 3 + 60 + 12 = 134\text{мм}$$

Товщина теплоізоляції: $\delta_{із} = 134\text{мм}$

Таким чином, товщина теплоізоляційного шару для даних параметрів повинна складати не менше 0,088 м.

Дальше проведемо розрахунок коефіцієнтів теплопередачі у зонах з суцільною теплоізоляцією і підкріплюючим елементом

При розрахунку коефіцієнта теплопередачі потрібно розглядати зони не тільки з суцільною теплоізоляцією, але і зони із споживаними елементами.

Для розрахунку коефіцієнта теплопередачі в таких зонах застосовується декілька методів:

- метод елементарних перетинів;

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		41

- метод кругових теплових потоків;
- метод теплових балансів.

Оскільки останній метод не базується на використанні формул теплопередачі, тому розрахунки проведемо по перших двох методах.

Метод елементарних перетинів припускає 2 наступні способи:

1-й спосіб: теплоізоляційну конструкцію ділимо абсолютно нетеплопровідними нескінченно тонкими мембранами $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$ паралельно напрямленими тепловому потоку. Вважаємо, що тепловий потік рухається по кожній зоні між мембранами, не перетинаючи їх.

2-й спосіб: задану огорожу ділимо тонкими абсолютно теплопровідними мембранами $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \delta_5, \delta_6$, перпендикулярні тепловому потоку. Визначуваний коефіцієнт теплопередачі на кожній ділянці K1, K2, K3, а потім знаходимо середній коефіцієнт теплопередачі всієї зони шириною ϵ . Визначимо коефіцієнт теплопередачі методом елементарних перетинів за першим способом.

Визначимо коефіцієнт теплопередачі в першому перетині.

В даному випадку кожна зона розглядається як плоска багатошарова стінка з відповідними значеннями товщини і коефіцієнтів теплопровідності матеріалів огорож.

Коефіцієнт теплопередачі в зоні ϵ_1 :

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\lambda_3} + \frac{\delta_1 + \delta_2}{\lambda_{ст}} + \frac{\delta_3 + \delta_4 + \delta_5}{\lambda_{із}} + \frac{\delta_6}{\lambda_{пл}} + \frac{1}{\alpha_{вн}}}, \quad (3)$$

де α_3 - коефіцієнт тепловіддачі на зовнішній поверхні кузова

$$\alpha_3 = \alpha^{\delta.c.} = 79,94 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К});$$

$$\delta_1 - \text{товщина сталльної обшиви, } \delta_1 = 2 \text{ мм};$$

$$\delta_2 - \text{товщина профілю обшиви, } \delta_2 = 3 \text{ мм};$$

$$\delta_3 - \text{висота профілю обшиви, } \delta_3 = 54 \text{ мм};$$

$$\delta_4 - \text{товщина профілю нижньої полички, } \delta_4 = 3 \text{ мм};$$

$$\delta_5 - \text{товщина дерев'яного бруска, } \delta_5 = 60 \text{ мм};$$

$$\delta_6 - \text{товщина сталльної плити, } \delta_6 = 12 \text{ мм};$$

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		42

$\lambda_{др}$ - коефіцієнт теплопровідності дерев'яного бруска, $\lambda_{др}=0.32 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$;

$\lambda_{ст}$ - коефіцієнт теплопровідності сталі, $\lambda_{ст}=56 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}\cdot\text{К})}$;

$\lambda_{із}$ - коефіцієнт теплопровідності теплової ізоляції, $\lambda_{із}=0,04 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}\cdot\text{К})}$;

$\lambda_{пл}$ - коефіцієнт теплопровідності столярної плити, $\lambda_{пл}=0,19 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}\cdot\text{К})}$;

$\alpha^{вн}$ - коефіцієнт тепловіддачі внутрішніх поверхонь кузова,
 $\alpha^{вн}=7,64 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2\cdot\text{К})}$.

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі згідно формули 3:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{79,94} + \frac{0,002}{56} + \frac{0,003 + 0,054 + 0,003 + 0,060}{0,04} + \frac{0,012}{0,19} + \frac{1}{7,64}} = 0,312 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К},$$

Розрахунок коефіцієнтів теплопередачі у зонах з підкріплюючими елементами. Для розрахунку обираю метод елементарних перерізів.

Середнє значення коефіцієнта теплопередачі для кузова в загальному вигляді, визначаємо за формулою:

$$\bar{k} = \frac{k_1 \cdot b_1 + k_2 \cdot b_2 + k_3 \cdot b_3}{b_1 + b_2 + b_3}, \quad (4)$$

$$\text{де } k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_1 + \delta_2}{\lambda_{ст}} + \frac{\delta_3 + \delta_4 + \delta_5}{\lambda_{із}} + \frac{\delta_6}{\lambda_{пл}} + \frac{1}{\alpha^{вн}}}, \quad (5)$$

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{79,94} + \frac{0,002 + 0,003}{56} + \frac{0,054 + 0,003 + 0,06}{0,04} + \frac{0,012}{0,19} + \frac{1}{7,64}} = 0,3185 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К},$$

$$k_2 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4}{\lambda_{ст}} + \frac{\delta_5}{\lambda_{др}} + \frac{\delta_6}{\lambda_{пл}} + \frac{1}{\alpha^{вн}}}, \quad (6)$$

$$k_2 = \frac{1}{\frac{1}{79,94} + \frac{0,002 + 0,003 + 0,054 + 0,003}{56} + \frac{0,06}{0,32} + \frac{0,012}{0,19} + \frac{1}{7,64}} = 2,53 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К},$$

$$k_3 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_1 + \delta_4}{\lambda_{ст}} + \frac{\delta_2 + \delta_3}{\lambda_{із}} + \frac{\delta_5}{\lambda_{др}} + \frac{\delta_6}{\lambda_{пл}} + \frac{1}{\alpha^{вн}}}, \quad (7)$$

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		43

$$k_3 = \frac{1}{\frac{1}{79,94} + \frac{0,002 + 0,003}{56} + \frac{0,003 + 0,054}{0,04} + \frac{0,06}{0,32} + \frac{0,012}{0,19} + \frac{1}{7,64}}$$

$$= 0,549 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К},$$

Отримані значення підставляємо в формулу 4 і отримуємо:

$$\bar{k} = \frac{0,3185 \cdot 0,038 + 2,53 \cdot 0,002 + 0,549 \cdot 0,035}{0,038 + 0,003 + 0,035} = 0,4786 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

Середнє значення коефіцієнта тепловіддачі для кузова вагона в цілому визначаємо за формулою:

$$k = \frac{k_{нс} \cdot F_{нс} + k_{не} \cdot F_{не} + k_{ок} \cdot F_{ок}}{F}, \quad (8)$$

де $k_{нс}$ - коефіцієнт тепловіддачі зон з суцільною теплоізоляцією,

$k_{не}$ - коефіцієнт тепловіддачі зон з підкріплюючим елементом,

$k_{ок}$ - коефіцієнт тепловіддачі вікна $k_{ок} = 2,5 \div 3,5$;

$F_{нс}, F_{не}, F_{ок}$ - відповідно площі розтягнутих зон, м^2

F - площа огороження конструкції.

$$F_{нс} = (0,78 \dots 0,8)F, \quad (9)$$

$$F_{нс} = 0,8 \cdot 330 = 264 \text{ м}^2$$

$$F_{не} = (0,13 \dots 0,15)F, \quad (10)$$

$$F_{не} = 0,15 \cdot 330 = 49,5 \text{ м}^2$$

Отже, коефіцієнт тепловіддачі визначаю за формулою 8 і він рівний:

$$k = \frac{0,312 \cdot 264 + 0,4786 \cdot 49,5 + 3 \cdot 13}{330} = 0,4396 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

Дальше згідно методики визначимо коефіцієнт теплопередачі методом елементарних перетинів за другим способом.

Зону з безперервними і підкріплюючими елементами розглядатимемо як що складається з послідовних включень теплових опорів R_i .

Визначимо коефіцієнт теплопровідності в кожному перпендикулярному шарі теплоізоляційної конструкції:

коефіцієнт теплопередачі в зоні δ_1 :

$$\lambda_1 = \lambda_{ст}, \quad (11)$$

де $\lambda_{ст}$ - коефіцієнт теплопровідності сталі, $\lambda_{ст} = 56 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$.

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		44

коефіцієнт теплопередачі в зоні δ_2 :

$$\lambda_2 = \frac{\lambda_{cm} \cdot (\epsilon_1 + \epsilon_2) + \lambda_{из} \cdot \epsilon_3}{\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3}, \quad (12)$$

де $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$ - ширина 1, 2 і 3 зони, відповідно $\epsilon_1=38$ мм. $\epsilon_2=2$ мм., $\epsilon_3=35$ мм.

$\lambda_{из}$ - коефіцієнт теплопровідності теплової ізоляції $\lambda_{из}=0,04 \frac{Вт}{(м \cdot К)}$

$$\lambda_2 = \frac{56 \cdot (0,038 + 0,002) + 0,04 \cdot 0,035}{0,038 + 0,002 + 0,035} = 29,89 \text{ Вт}/(м \cdot К)$$

Коефіцієнт теплопередачі в зоні δ_3 визначається згідно формули:

$$\lambda_3 = \frac{\lambda_{из} \cdot (b_1 + b_3) + \lambda_{cm} \cdot b_2}{b_1 + b_2 + b_3}, \quad (13)$$

$$\lambda_3 = \frac{0,04 \cdot (0,038 + 0,035) + 56 \cdot 0,002}{0,038 + 0,002 + 0,035} = 1,53 \text{ Вт}/(м \cdot К)$$

Коефіцієнт теплопередачі в зоні δ_4 визначається згідно формули:

$$\lambda_4 = \frac{\lambda_{из} \cdot b_1 + \lambda_{cm} \cdot (b_2 + b_3)}{b_1 + b_2 + b_3}, \quad (14)$$

$$\lambda_4 = \frac{0,04 \cdot 0,038 + 56 \cdot (0,002 + 0,035)}{0,038 + 0,002 + 0,035} = 27,65 \text{ Вт}/(м \cdot К)$$

Коефіцієнт теплопередачі в зоні δ_5 визначається згідно формули:

$$\lambda_5 = \frac{\lambda_{из} \cdot b_1 + \lambda_{др} \cdot (b_2 + b_3)}{b_1 + b_2 + b_3}, \quad (15)$$

де $\lambda_{др}$ - коефіцієнт теплопровідності дерев'яного бруска $\lambda_{др}=0,32$ Вт/(м·К);

$$\lambda_5 = \frac{0,04 \cdot 0,038 + 0,32 \cdot (0,002 + 0,035)}{0,038 + 0,002 + 0,035} = 0,178 \text{ Вт}/(м \cdot К).$$

Коефіцієнт теплопередачі в зоні δ_6 визначається згідно формули:

$$\lambda_6 = \lambda_{пл}, \quad (16)$$

де $\lambda_{пл}$ - коефіцієнт теплопровідності столярної плити $\lambda_{пл}=0,19 \frac{Вт}{(м \cdot К)}$;

$\lambda_6 = 0,19$ Вт/(м·К).

Тепер коли, коефіцієнт теплопровідності в кожній зоні відомий, визначимо тепловий опір в кожному шарі теплоізоляційної конструкції згідно формули:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (17)$$

де R_i - тепловий опір у відповідному шарі;

δ_i - товщина відповідної зони;

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						45
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

λ_i - коефіцієнт теплопровідності відповідного шару.

$$R_1 = \frac{0,002}{56} = 0,000035 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт};$$

$$R_2 = \frac{0,002}{29,89} = 0,0000669 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт};$$

$$R_3 = \frac{0,054}{1,53} = 0,0353 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт};$$

$$R_4 = \frac{0,003}{27,65} = 0,000108 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт};$$

$$R_5 = \frac{0,06}{0,178} = 0,337 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт};$$

$$R_2 = \frac{0,012}{0,19} = 0,0631 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}.$$

$$R = \sum R_i, \quad (18)$$

$$R = 0,000035 + 0,0000669 + 0,0353 + 0,000108 + 0,337 + 0,0631 = 0,4356$$

Визначимо середнє значення коефіцієнта теплопередачі по формулі:

$$K = \frac{2K^1 + K^2}{3}, \quad (19)$$

де K^1 - середній коефіцієнт теплопровідності, розрахований за першим способом

$$K^2 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_3} + \sum R_i + \frac{1}{\alpha_{вн}}}, \quad (20)$$

де α_3 - коефіцієнт тепловіддачі бічної стіни

$$\alpha_3 = \alpha^{\text{б.с.}} = 79,94 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К});$$

$$\alpha_n - \text{коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні кузова } \alpha^{\text{вн}} = 7,64 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}.$$

$$K^2 = \frac{1}{\frac{1}{79,94} + 0,4356 + \frac{1}{7,64}} = 1,72 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К};$$

$$K = \frac{2 \cdot 0,312 + 1,72}{3} = 0,781 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}.$$

Визначимо коефіцієнт теплопередачі в другому перетині по формулі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_1 + \delta_2}{\lambda_{ст}} + \frac{\delta_3 + \delta_4 + \delta_5}{\lambda_{із}} + \frac{\delta_6}{\lambda_{пл}} + \frac{1}{\alpha_{вн}}}, \quad (21)$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{79,94} + \frac{0,002 + 0,003}{56} + \frac{0,054 + 0,003 + 0,06}{0,04} + \frac{0,012}{0,19} + \frac{1}{7,64}} = 0,32 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Відповідно до методу кругових теплових потоків використовується для визначення коефіцієнта теплопередачі в металевих ізометричних конструкціях.

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		46

Суть методу кругових теплових потоків полягає в тому, що враховуються бічні теплові потоки, які розповсюджуються по кругових лініях від стінки металевого профілю, встановленої усередині огорожі конструкції.

Визначимо тепловий потік q_1 :

$$q_1 = \frac{b}{\frac{a}{\lambda_{др}} + \frac{\delta}{\lambda_{пл}}}, \quad (22)$$

де b - сума ширини 2 і 3 зон;

a - товщина дерев'яного бруска;

δ - товщина столярної плити.

$$q_1 = \frac{0,002+0,035}{\frac{0,060}{0,32} + \frac{0,012}{0,19}} = 0,1476 \text{ Вт.}$$

Визначимо тепловий потік q_2 :

$$q_2 = \frac{2\lambda_{із}}{\pi} \cdot \ln \frac{\frac{h}{\lambda_{із}} + \frac{a}{\lambda_{із}} + \frac{\delta}{\lambda_{пл}}}{\frac{a}{\lambda_{із}} + \frac{\delta}{\lambda_{пл}}}, \quad (23)$$

де h - висота профілю $\delta_2 + \delta_3 + \delta_4 = 60$ мм.

$$q_2 = \frac{2 \cdot 0,04}{3,14} \cdot \ln \frac{\frac{0,060}{0,04} + \frac{0,06}{0,04} + \frac{0,012}{0,19}}{\frac{0,06}{0,04} + \frac{0,012}{0,19}} = 0,017 \text{ Вт.}$$

Знаючи тепловий потік q_1 і q_2 можна визначити коефіцієнт теплопередачі по формулі:

$$K = \frac{q_1 + 2 \cdot q_2}{b + \frac{4h}{\pi}}, \quad (24)$$

$$K = \frac{0,1476 + 2 \cdot 0,017}{0,037 + \frac{4 \cdot 0,06}{3,14}} = 0,635 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Виходячи з розрахунків коефіцієнт теплопередачі в зонах з безперервними і підкріплюючими елементами, розрахований за допомогою методу елементарних перетинів в першому перетині склав $0,312 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ і в другому перетині $0,32 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, а за допомогою методу кругових теплових потоків коефіцієнт теплопередачі рівний $0,635 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Дальше проводимо перевірку температури внутрішніх поверхонь кузова на відповідність санітарно-гігієнічним вимогам.

Згідно документу ЦУВС – 19 «Санітарних правил пристрою устаткування і

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		47

експлуатації пасажирських вагонів дальнього проходження» температура в приміщенні повинна бути: $t_n = 27 \pm 2^\circ\text{C}$. Приймаємо $t_n=29^\circ\text{C}$.

Для відповідності температури внутрішніх поверхонь кузова санітарно-гігієнічним нормам повинна виконуватися умова:

$$t_{cm} \geq t_p + (2 - 3^\circ), \quad (25)$$

де t_{cm} - температура бічної стінки;

t_p - точка роси, яка визначається по $h - d$ діаграмі. В даному випадку приймаємо $\phi_p=55\pm 20\%$, тоді $t_p=19^\circ\text{C}$.

$$t_{cm} = t_n - \frac{K}{\alpha_{cm.n}} \cdot (t_n - t_н), \quad (26)$$

де t_n - температура в приміщенні $^\circ\text{C}$;

K - коефіцієнт теплопередачі, розрахований методом теплових потоків, $K = 0,635 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

$\alpha_{cm.n}$ - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні кузова, $\alpha_{cm.n} = 7,64 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

$t_з$ - зовнішня температура повітря, $t_з = -30^\circ\text{C}$.

$$t_{cm} = 29 - \frac{1}{7,64} \cdot (29 + 30) = 21^\circ\text{C}.$$

Набутих значень підставляємо в нерівність:

$$21 \geq (19 + 2)^0$$

З отриманої нерівності видно, що умова на відповідність санітарно-гігієнічним нормам виконується. Можна сказати, що теплоізоляційний шар підходить для використання, і волога на ній скупчуватися не буде.

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						48
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

4 МЕТОДИ ТА СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КУЗОВІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

Модернізацію можна проводити з огляду на аналіз вітчизняних та закордонних розробок, а також деяких пропозицій:

Пропозиції по існуючій конструкції теплоізоляції вагона:

1. Заміна металевої Z-подібний профіль на T-подібний пластик полівінілхлорид (ПВХ) (рис. 33).
2. Розміщення підкріплюючого дерев'яного бруска таким чином, щоб волокна були поперек лінії теплового потоку.
3. В існуючій системі ввести напилення або ж покриття поверхонь спеціальним полімерним покриттям з метою зниження коефіцієнта теплопередачі.

Дані запровадження можна провести і перерахувати так само як у пункті 3 за двома методами або ж з використанням МКЕ (методу кінцевих елементів) створивши при цьому 3-D модель кузова. Таку роботу вже частково проводили і результати розрахунків наведені нижче.

Роррахунки проводили при таких вихідних парметрах.

Таблиця 1 - Коефіцієнти теплопровідности матеріалів

Назва матеріалу	Коефіцієнт теплопровідності λ $\frac{Вт}{(м \cdot К)}$
Сталь	56
Полівінілхлорид (ПВХ)	0,16
Дерев'яний брусок, волокна розташовані вздовж	0,27
Дерев'яний брусок, волокна розташовані впоперек	0,1

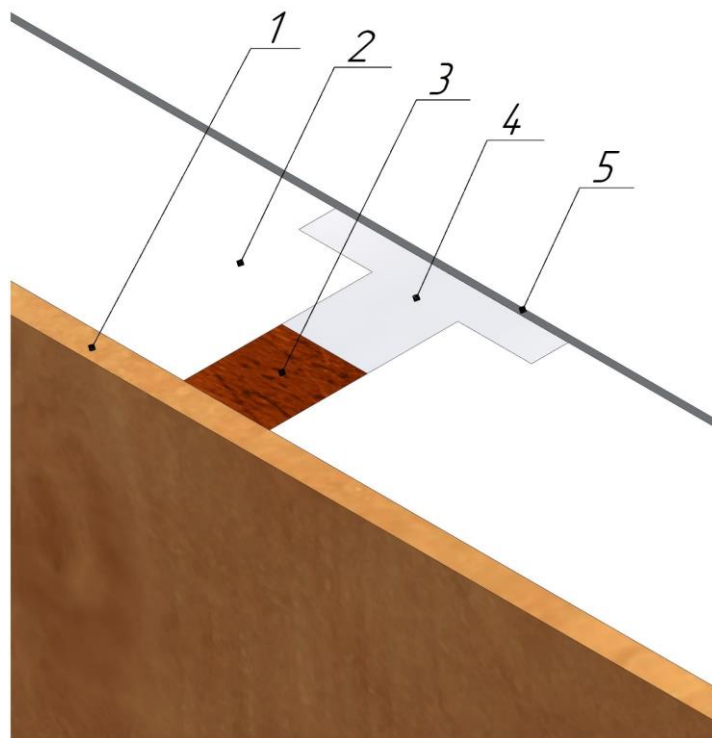
Якщо взяти формули 11-18 та підставити запропоновані значення замінників тьо отримаємо натупні результати $R = 0,55$.

Отрмане знасчення є кращим на 22 % в порівнянні з попереднім, що

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		49

зменшити тепловтрати в вагонів.

Також є варіант запропонувати в теплогороджувальній стінці вагона замість металічного посилення Z-подібного профілю встановити T- подібний профіль виготовлений з міцного ПВХ у якого коефіцієнт теплопередачі є а рази меншим а порівнянні з металом (сталь), що ще більш краще буде впливати на огороджувальну систему кузова та зменшити містки холоду в кузовах, які спостерігались при проведенні термозйомки. Варіант зміни представлений на рис. 34.



1 – внутрішня обшивка із столярної плити; 2 – тепла ізоляція;
3 – дерев'яний брусок (волокна розташовані поперек); 4 – T – подібний профіль ПВХ; 5 – зовнішня металева оболонка

Рисунок 34 – Варіант зміни підкріплюючих елементів теплоізоляції вагона

Варіанти запропоновані панелей отриманих з алюмінієвого сплаву методом екструзії, з полімерними вставками та екранами з листового алюмінію є дорогими та важкоутримуючими. Тому доцільно на мою думку ще змінювати варіанти іншої конструкції в наступних напрямках :

-Покриття внутрішньої частини кузова полімерним матеріалом, за умови що

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		50

- кузова виготовляються із нержавіючої сталі;
- Конструкція дерев'яної плити можна зробити серційну - де можливо становити спеціальні плити (ламінат з утеплювачем);
 - Встановити під ламінатом відбиваючу прверхню у вигляді фольги;
 - Для комфорту всередині вагона на стінах встановити плівкові нагрівальні елементи.
- Всі ці варіанти потрібно прораховувати і перевіряти.

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		51

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

При виконанні даної роботи я дослідила які є види теплоізоляції кузовів вагонів та перспективні напрямки розвитку в світі. Провела з керівником роботи вимірювання за допомогою тепловізора та визначила місця потенційних тепловтрат, що наведено в вище в розділі 2. Зробила відповідно до методики розрахунок товщини теплоізоляційного шару $\delta = 134\text{мм}$, і визначила середній коефіцієнт теплоізоляції.

При виконанні розрахунків було виявлено що є можливість зменшити та покращити деякі показники по теплогороджувальній системі кузова не затрачаючи значних зусиль та коштів, такі як : розташування дерев'яних брусків відносно волокон (впоперек замість вздовж), що частково покращить характеристики теплостійкості кузова.

Також намітила шляхи зміни та проведення модернізацій для теплогороджувальних констсрукцій вагонів, які наведені в розділі 4.

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		52

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Коршунов, С.Д. Методика расчетно-экспериментальных исследований кузовов современного подвижного состава / С.Д. Коршунов, А.Н. Скачков, С.Л. Самошкин, Д.И. Гончаров, А.С. Жуков // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2015. – № 4 (45) – С. 38-47
2. Конструкция, техническое обслуживание и ремонт пассажирских вагонов: учебное иллюстрированное пособие: в 2 ч. — М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2013.
3. Жуков А. С. Обоснование конструкции кузова пассажирского вагона из экструдированных алюминиевых панелей: диссертация кандидата Технические науки: 05.22.07 / Жуков Александр Сергеевич; [Место защиты: ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта»], 2020г.
4. Academic thesis with permission by KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, to be submitted for public examination for the degree of Doctor of Philosophy in Vehicle and Maritime Engineering,
5. Збірник містить праці 11-ї Студентської міжнародної науково-технічної конференції, яка проводилась на факультеті Львівської філії Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна 10 грудня 2019 р.
6. Балалаев А.Н. Особенности эксплуатации и ремонта пассажирского вагона с кузовом из алюминиевых панелей, полученных методом экструзии / А.Н. Балалаев, И.К. Андрончев // Вестник транспорта Поволжья, 2013. №3. С. 29-34.
7. Киселев Д.А. Методика проектирования кузова пассажирского вагона с вакуумной теплоизоляцией в виде экструдированных панелей из полиамида / Д.А. Киселев, Т.А. Миронова // Новая наука: современное состояние и пути развития. Международное научное периодическое издание по итогам Международной научно-практической конференции

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		53

(Стерлитамак, 30 апреля 2017г. Стерлитамак: АМИ, 2017. №4-2-2. С. 102-113.

8. Балалаев А.Н. Проектирование наземных транспортных средств с использованием сотовых конструкций / А.Н. Балалаев, А.М. Зиятдинов, М.А. Паренюк, Д.М. Тимкин. Самара: СамГУПС, 2019. 196 с.
9. Патент на полезную модель №129188, РФ, F16L59/06, B82Y99/00. Теплоизоляционное изделие / А. Н. Балалаев, А. С. Мокшанов. Заявка № 2012155384/ 06; Заявлено 19.12.2012; Опубл. 20.06.2013; Приоритет 19.12.2012 // Изобретения. Полезные модели. 2013. № 17.
10. Клюка, В. П. Испытание пассажирских вагонов железных дорог на теплоустойчивость / В. П. Клюка, А. П. Стариков, Д. Ю. Кузьменко, А. А. Попов // Известия Транссиба. –2015. – № 2 (22). – С. 6.
11. Конструирование и расчет вагонов : учеб. для вузов / В. В. Лукин [и др.] ; под ред. В. В. Лукина. – М. : УМК МПС России, 2000. – С. 659–660.
12. Балалаев А.Н. Особенности эксплуатации и ремонта пассажирского вагона с кузовом из алюминиевых панелей, полученных методом экструзии / А.Н. Балалаев, И.К. Андрончев // Вестник транспорта Поволжья, 2013. №3. С. 29-34.
13. А. П. Стариков. Разработка критериев оценки эффективности сохранения тепла ограждающими конструкциями пассажирских вагонов.// Омский гос. Инст путей сообщ, 2016. №6 С69-72.
14. Балалаев А.Н. Исследование модели вакуумной теплоизоляции пассажирского вагона / А.Н. Балалаев, М.А. Паренюк, Г.М. Сергеев, Д.М. Тимкин // Вестник транспорта Поволжья. 2018. № 2. С. 13-20.

					031.190522.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		54