

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Львівська політехніка»

Інститут механічної інженерії та транспорту

(назва інституту)

Залізничний транспорт

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

Бакалавр

(ступінь вищої освіти)

**на тему: Покращення показників мікроклімату в пасажирському вагоні
при застосуванні системи кондиціонування з роздільним клімат
контролем.**

за освітньою програмою Вагони та вагонне господарство

зі спеціальності: 273 «Залізничний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Виконала: групи: ВГ-31спз
студентка

(підпис студента)

Марія ПАСТУЦАК

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:

(підпис)

к.т.н. Василь ІЛЬЧИШИН

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Завідувач кафедри ЗТ

к.т.н., доц. Олена БАЛЬ

Пастушак М.А., Ільчишин В.М. (керівник). Покращення показників мікроклімату в пасажирському вагоні при застосуванні системи кондиціонування з роздільним клімат контролем. – Національний університет «Львівська політехніка», Львів, 2025.

Розширена анотація

Ефективне функціонування систем кондиціонування повітря у пасажирських вагонах залізничного транспорту є ключовим фактором забезпечення належного рівня комфорту для пасажирів. З урахуванням сучасних кліматичних змін, зростання температурних навантажень та збільшення тривалості поїздок, актуальним стає питання удосконалення параметрів мікроклімату в салонах і купе. Значна частина експлуатованих систем кондиціонування в Україні є морально застарілою та не відповідає сучасним вимогам енергоефективності, ергономіки та екологічності. Вони не забезпечують належного терморегулювання, рівномірного розподілу повітря й часто є джерелом шуму та скарг з боку пасажирів.

Одним із перспективних напрямів модернізації кліматичних систем є впровадження технології роздільного (зонального) клімат-контролю, яка дозволяє регулювати параметри повітря окремо в кожній зоні або купе. Такі системи забезпечують кращу адаптацію до індивідуальних потреб пасажирів, знижують витрати енергії та підвищують загальну ефективність управління мікрокліматом. Об'єктом дослідження у цій роботі виступає система кондиціонування повітря пасажирського вагона, орієнтована на застосування зонального клімат-контролю.

Метою дослідження є аналіз сучасного стану кліматичних систем, визначення недоліків традиційних конструкцій та технічне обґрунтування доцільності впровадження роздільного клімат-контролю. У роботі було проведено аналіз принципу дії та структурної схеми такої системи, виконано розрахунок її основних параметрів, розглянуто вимоги охорони праці під час обслуговування кліматичного обладнання. Запропоновані технічні рішення можуть слугувати основою для модернізації кліматичних систем у вагонах з урахуванням сучасних

вимог до комфорту, енергоефективності та надійності.

Ключові слова: система кондиціонування, роздільний клімат-контроль, пасажирський вагон, мікроклімат, енергоефективність, комфорт, вентиляція, охорона праці.

Pastuschak M.A., Il'chyshyn V. M. (supervisor). Improvement of microclimate indicators in a passenger car when using an air conditioning system with separate climate control. Bachelor thesis. - Lviv Polytechnic National University, Lviv, 2025.

Extended abstract

The effective operation of air conditioning systems in passenger railway cars is a key factor in ensuring a high level of passenger comfort. Given the current climate changes, rising thermal loads, and increased journey durations, the need to improve microclimatic conditions in cabins and compartments has become particularly relevant. A significant portion of the air conditioning systems currently in use in Ukraine is outdated and fails to meet modern requirements for energy efficiency, ergonomics, and environmental standards. These systems often provide inadequate thermal regulation, uneven air distribution, and are a common source of noise and passenger complaints.

One of the most promising directions for upgrading climate systems is the implementation of zonal (individual) climate control technology, which enables the regulation of air parameters separately in each zone or compartment. Such systems better adapt to individual passenger needs, reduce energy consumption, and improve the overall efficiency of microclimate control. The object of this study is the air conditioning system of a passenger railway car, designed for zonal climate control application.

The aim of this research is to analyze the current state of air conditioning systems, identify shortcomings in traditional configurations, and provide a technical rationale for the implementation of zonal climate control. The study includes an analysis of the operational principles and structural scheme of such a system, calculation of its main parameters, and review of occupational safety requirements during the maintenance of climate equipment. The proposed technical solutions may serve as a foundation for modernizing climate systems in railway cars in accordance with contemporary standards for comfort, energy efficiency, and reliability.

Keywords: air conditioning system, zonal climate control, passenger car, microclimate, energy efficiency, comfort, ventilation, occupational safety.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ, ЯКІ ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ	11
1.1 СИСТЕМА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ МАВ-II	11
1.2 СИСТЕМА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ АВК-30 ДЛЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ НОВОГО ПОКОЛІННЯ.....	17
2 ОСНОВНІ НЕДОЛІКИ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ У ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНАХ ПОЇЗДІВ, ЯКІ ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ	21
3 СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ З РОЗДІЛЬНИМ КЛІМАТ КОНТРОЛЕМ.....	23
3.1 СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ З РОЗДІЛЬНИМ КЛІМАТ КОНТРОЛЕМ НА РОСІЙСЬКИХ ЗАЛІЗНИЦЯХ	23
3.2 СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ З РОЗДІЛЬНИМ КЛІМАТ КОНТРОЛЕМ НА ЄВРОПЕЙСЬКИХ ЗАЛІЗНИЦЯХ	28
3.3 ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ З РОЗДІЛЬНИМ КЛІМАТ КОНТРОЛЕМ.....	30
4 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА	33
5 ВИМОГИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ ОБСЛУГОВУВАННІ УСТАНОВОК КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ.....	49

ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	54
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	55

ВСТУП

У сучасних умовах експлуатації пасажирських вагонів одним із ключових чинників забезпечення комфорту пасажирів є ефективне функціонування систем кондиціонування повітря. Зростання вимог до якості транспортних послуг зумовлює необхідність удосконалення мікрокліматичних параметрів у салонах та купе вагонів. Особливо актуальним це стає в умовах зміни клімату, частіших температурних екстремумів і збільшення тривалості поїздок.

Більшість існуючих систем кондиціонування на залізничному транспорті України морально та технічно застарілі. Вони не забезпечують ані належної терморегуляції, ані гнучкого керування мікрокліматом в окремих зонах вагона. Такі системи мають обмежену ефективність при високих температурах, недостатньо продуктивні у подачі свіжого повітря й не відповідають сучасним екологічним стандартам. Крім того, проблемою залишається високе енергоспоживання, складність у обслуговуванні та часті випадки відмов.

Значна частина пасажирів скаржиться на нерівномірний розподіл повітря, шум від роботи обладнання та загальний дискомфорт під час руху. Це свідчить про необхідність пошуку нових технічних рішень у сфері кліматичних систем. Одним із перспективних напрямів розвитку є системи кондиціонування з роздільним клімат контролем. Такі системи дозволяють пасажирам індивідуально регулювати параметри повітря в купе або зоні вагона. Вони вже знаходять застосування в окремих експериментальних вагонах у Росії та країнах Європи.

Використання роздільного клімат контролю дозволяє підвищити рівень

теплого комфорту, зменшити енергетичні витрати та адаптувати систему до сучасних стандартів керування. Однак для широкого впровадження таких технологій необхідно вирішити низку інженерних, економічних та експлуатаційних питань. Розробка ефективної системи потребує урахування специфіки рухомого складу, типу живлення та умов експлуатації. В зв'язку з цим в роботі була поставлена мета – обґрунтувати необхідність модернізації наявних рішень і вивчити технічні можливості реалізації індивідуального керування мікрокліматом у вагонах залізничного транспорту.

1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ, ЯКІ ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ

1.1 Система кондиціонування повітря пасажирських вагонів МАВ-II

Вентиляційна система у пасажирських вагонах призначена для оновлення повітряного середовища шляхом видалення відпрацьованого повітря та подачі свіжого зовнішнього. Залежно від способу переміщення повітря, розрізняють природну і механічну (примусову) вентиляцію [1].

Природна вентиляція відбувається без використання електроенергії – через відкриті вікна, спеціальні щілини та дахові дефлектори, які створюють тягу за рахунок різниці тиску.

Механічна вентиляція реалізується за допомогою вентиляторів осьового або відцентрового типу. Вона потребує постійного живлення і забезпечує цілеспрямований приплив або видалення повітря. За функціональним призначенням механічна вентиляція поділяється на:

- припливну;
- витяжну;
- припливно-витяжну.

У сучасних вагонах зазвичай встановлюють припливну вентиляцію, обладнану відцентровими вентиляторами. Залежно від способу організації

повітрообміну, такі системи бувають:

- без рециркуляції (тільки свіже повітря);
- з частковою рециркуляцією (змішування зовнішнього і внутрішнього повітря).

Часткова рециркуляція повітря є поширеним рішенням для пасажирських вагонів. Вона дозволяє повторно використовувати частину внутрішнього повітря, змішуючи його із свіжим потоком. Такий підхід підвищує енергоефективність системи, особливо під час роботи кондиціонера або в холодний сезон, коли потрібен підігрів [2-3].

Система кондиціонування повітря забезпечує створення комфортного мікроклімату в салоні вагона. Вона автоматично підтримує задані параметри – температуру, вологість, концентрацію кисню, вміст вуглекислого газу та пилу. За допомогою мікропроцесорного управління у літній період система стабільно регулює температуру повітря в межах $+22\dots+26$ °C, забезпечуючи комфортні умови для пасажирів.

Згідно з нормативними вимогами, мінімальний об'єм зовнішнього повітря, що повинен подаватися на одного пасажирів в вагоні, становить 25 м³/год. Такий приплив забезпечує необхідний рівень свіжості повітря і підтримує допустимі концентрації вуглекислого газу та інших домішок.

Холодильне обладнання, яким оснащуються системи кондиціонування повітря, дозволяє підтримувати оптимальні мікрокліматичні умови у вагоні – як у літній, так і в зимовий періоди. Кондиціонер, інтегрований у конструкцію вагона, призначений для цілорічної експлуатації з метою регулювання параметрів повітря – температури, вологості та якості повітряного середовища.

У теплий період року система кондиціонування відповідає за охолодження внутрішнього об'єму вагона відповідно до встановлених температурних меж. В холодну пору року регулювання температури в окремих приміщеннях, таких як вагони-ресторани, здійснюється за допомогою систем водяного опалення, узгоджених з температурними характеристиками припливного повітря [4-7].

Система кондиціонування вагона забезпечує комфортні умови перебування

пасажирів незалежно від сезону, сприяючи зниженню втоми, покращенню самопочуття та підвищенню якості поїздки.

На пасажирських вагонах, які експлуатуються на залізницях України впроваджена система часткового кондиціонування повітря. Така система не передбачає вбудованого зволоження, тому підтримання вологості в повітрі обмежене лише природними джерелами (люди, випаровування тощо) або зовнішніми умовами.

Купейні вагони та вагони-ресторани здебільшого комплектуються установками типу МАВ-ІІ, які відповідають сучасним вимогам до охолодження повітря у вагонах. Перед масовим серійним виробництвом вагонів з такими установками проводились експлуатаційні випробування дослідних моделей, оснащених менш потужними системами МАВ-0 та МАВ-І.

Установка МАВ-ІІ включає в себе системи вентиляції, обігріву, охолодження та автоматизованого регулювання параметрів повітря (рис. 1.1, 1.2).

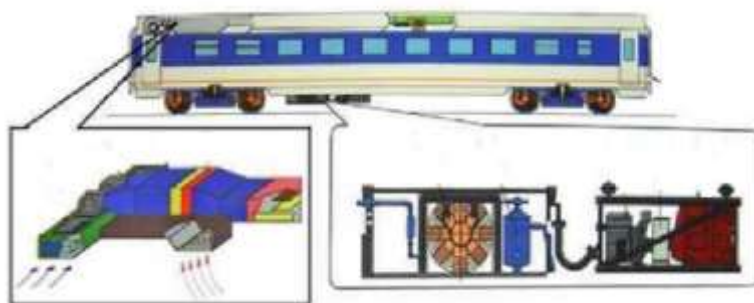


Рисунок 1.1 – Розташування системи кондиціонування повітря МАВ-ІІ на вагоні

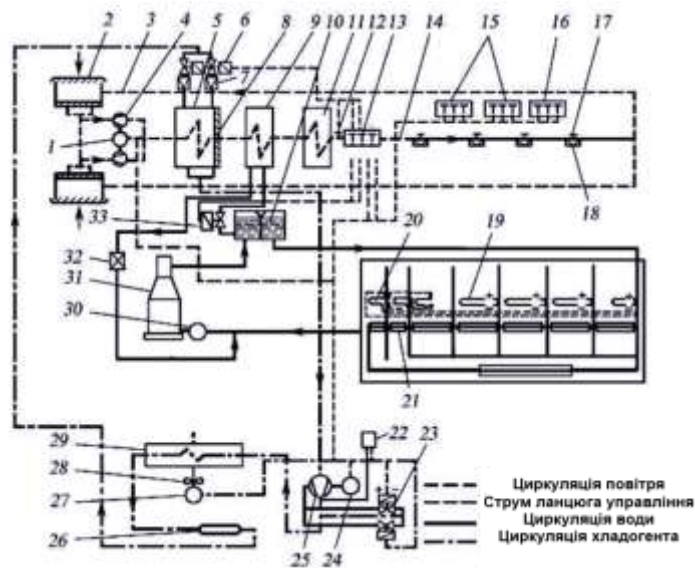


Рисунок 1.2 – Принципова схема системи кондиціонування повітря МАВ-II

До складу вентиляційного блоку входить подвійний відцентровий вентилятор 4, оснащений електродвигуном потужністю 1,7 кВт 1 (рис. 1.2). Система подачі повітря містить нагнітальний повітропровід 14, оснащений вентиляційними решітками типу «Мультивент» 18, які мають вбудовані регульовальні елементи, 17. Для забезпечення рециркуляції повітря передбачені повітроводи зворотної подачі 3, а також масляні фільтри, які очищують повітря перед повторним використанням.

Максимальна продуктивність вентилятора становить до 5000 м³/год, що забезпечує необхідний обсяг повітрообміну для підтримання комфортного мікроклімату у вагоні.

Система опалення у вагоні має комбінований тип. Вона поєднує водяне опалення, що включає котел 31 з високовольтними нагрівальними елементами, розширювальний бак 10, водяний калорифер 9, трубопровідну систему обігріву 21, циркуляційний насос 30 та дросельну заслінку 32, а також низьковольтне електронагрівальне обладнання, яке складається з електроречей 19, 20 і електрокалорифера 11.

Теплова потужність котла при роботі на твердому паливі досягає 34,9 кВт (що еквівалентно 30 000 ккал/год), а при електричному нагріванні – 50 кВт.

Регулювання подачі теплоносія у водяну систему здійснюється автоматично

за допомогою термостата 13 та електромагнітного клапана 33.

Циркуляційний насос запускається вручну або за сигналом від контактних термометрів, а керування клапанами (електромагнітні – 6, 23, 33; терморегулювальні – 7), а також реле і контактори, що відповідають за роботу всієї системи, реалізовано через електричну шафу управління та спеціальний технічний ящик, встановлений під вагоном.

У складі системи обігріву вагона передбачено електропечі двох типів: дев'ять приладів 20 потужністю по 0,5 кВт та чотири 19 – по 0,25 кВт. Їх розміщено у купе, службових приміщеннях та санітарних кімнатах.

У міжсезоння, коли температура зовнішнього повітря становить приблизно +5 °С, електропечі працюють спільно з електрокалорифером потужністю 6 кВт. Вмикання калорифера здійснюється автоматично, залежно від температури в повітряному каналі.

Якщо система автоматики не спрацьовує або відбувається відмова вентилятора, електрокалорифер автоматично вимикається через перегрів. Це реалізовано за допомогою теплозахисного запобіжника типу ВУДА 12, виконаного у вигляді плавкої вставки, що розплавляється при температурі +70 °С. Запобіжник розташований під стелею косого коридору, а доступ до нього забезпечено через спеціальний ревізійний люк.

У зимовий період електрокалорифер не використовується, і нагрівання повітря відбувається виключно за допомогою водяного калорифера. У цей час електропечі залишаються в роботі та функціонують як додаткове джерело тепла в системі комбінованого опалення.

Система охолодження включає компресор 25 типу Vm (рис. 1.3), який приводиться в дію електродвигуном 24 потужністю 13 кВт, конденсатор 29, що охолоджується вентилятором 28 з електродвигуном 27 потужністю 1,7 кВт, ресивер 26 об'ємом 36 л, повітроохолоджувач 5 з вологовіддільником 8 та два терморегулювальні клапани 7. Для запобігання перевищенню тиску на нагнітальній стороні компресора встановлено реле високого тиску 22. Поверхня теплообміну: конденсатора – 185 м², випарника – 100 м².

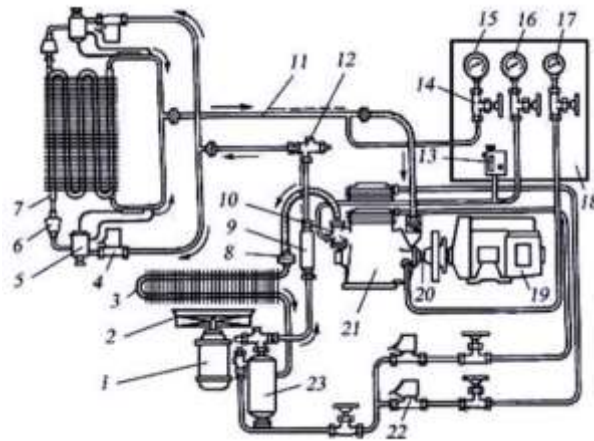


Рисунок 1.3 – Робота системи охолодження

Вологовіддільник призначений для відділення вологи, що переноситься повітрям. Він складається з вертикально встановлених пластин, на яких конденсується вода, що потім стікає в піддон під випарником.

У систему охолодження заправляється 40 кг фреону R12 і 4 кг масла ХФ-12 у компресор.

Система автоматичного керування забезпечує підтримання заданої температури у вагоні при роботі охолодження, вентиляції та опалення. Вона включає термостати 13, 15, 16, ртутно-контактні термометри, соленоїдні клапани 6, 23, 33, терморегулювальні клапани 7, реле і контактори, що розміщені в розподільчій шафі та окремому ящику під вагоном.

При повному навантаженні компресор працює на чотири циліндри (соленоїдні клапани 22 закриті), а обидві секції повітроохолоджувача активні (клапани 4 відкриті).

Із ресивера 23 рідкий фреон R12 після фільтрації в осушувачах 9 під тиском подається через вентиль 12, клапани 4, терморегулятори 5 та розподільники 6 до повітроохолоджувача 7. Там він дроселюється, кипить і відбирає тепло з поданого вентилятором повітря. Пари фреону по трубопроводу 11 через вентиль 20 надходять до компресора 21, який стискає їх і подає через вентиль 10 до конденсатора 3, де пари охолоджуються і конденсуються. Вентилятор обертає

двигун 1, а компресор – двигун 19.

Конденсат фреону знову надходить до ресивера 23, і цикл повторюється. Речовина не витрачається, хоча можливі втрати через негерметичність.

Трубопроводи всмоктування і нагнітання на вагоні (штрихові лінії на схемі) розташовані близько один до одного, в загальній ізоляції. Завдяки такому розташуванню створюється ефект додаткового охолодження рідкого фреону парами, що підвищує ефективність системи.

На панелі 18 в службовому відділенні розміщено: манометри всмоктування 15 та нагнітання 16, манометр тиску масла 17, реле високого тиску 13, запірні вентилі 14, дистанційний термометр.

При нормальній роботі установки манометр 15 повинен показати тиск кипіння хладону 0,215-0,319 МПа і відповідно температуру кипіння від 0 до 9 °С, манометр 16 – тиск конденсації хладону 0,66-1,29 МПа і відповідно температуру конденсації від 30 до 55 °С, манометр 77 – тиск масла 0,3-0,45 МПа. Показання манометра 17 обов'язково повинні бути більшими на 0,08-0,13 МПа, ніж манометра 15. Якщо показання манометрів відрізняються незначно, то система примусового мастила компресора не працює і установку охолодження повітря необхідно відключити.

Реле високого тиску спрацьовує при тиску 1,7 МПа, а відновлюється вручну натисканням кнопки після усунення несправності та зниження тиску від 1,4 МПа.

1.2 Система кондиціонування повітря АВК-30 для пасажирських вагонів нового покоління

Принцип роботи установки полягає у реалізації комплексу технічних засобів, які здійснюють необхідну термодинамічну обробку повітря та забезпечують його цілеспрямований рух для підтримання оптимального мікроклімату в приміщеннях пасажирського вагона [7].

До складу цього комплексу входять: парокompресійна холодильна машина з повітряним випарником прямого охолодження, електричні та водяні нагрівальні

елементи, а також вентиляційне обладнання.

Усі компоненти системи змонтовані в одному горизонтальному рівні та об'єднані в автономний функціональний модуль (див. рисунок 1.4), закріплений на жорсткій опорній рамі. Конструкція блока обшита металевими листами з оцинкованої сталі товщиною 1,5 мм, з внутрішнього боку яких наклеєно шари звуко- та теплоізоляційного матеріалу. Днище виконано у вигляді двошарової конструкції, простір між якою також заповнено ізоляцією для зниження шуму та втрат тепла.

Установка монтується в піддаховому відсіку службового тамбура вагона і кріпиться до вагонних елементів конструкції (шпангоутів) за допомогою чотирьох монтажних кронштейнів. Вони жорстко з'єднані з опорною рамою та обладнані болтовими з'єднаннями М16 із пружними віброгасильними вставками.

У процесі експлуатації установка кондиціонування повітря може функціонувати в трьох основних режимах (таб. 1.1):

- охолодження повітря у вагоні;
- вентиляція внутрішнього простору;
- підігрів (опалення) поданого повітря.

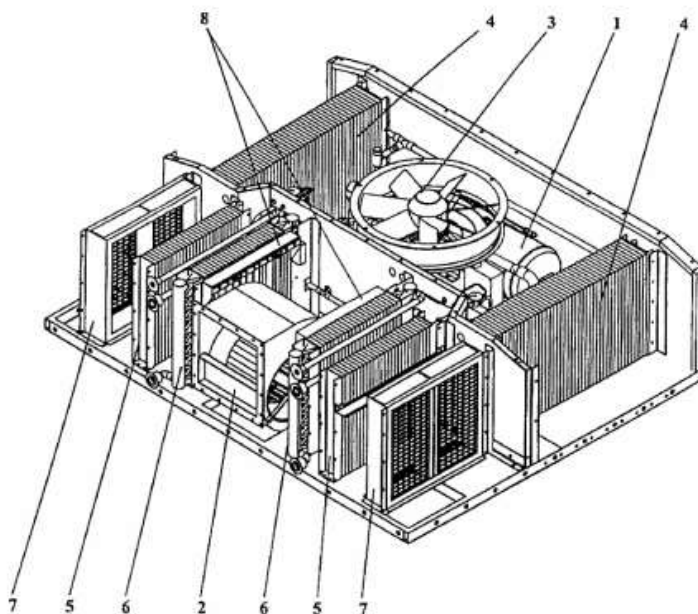


Рисунок 1.4 – Системи кондиціонування повітря АВК-30: 1 – компресор; 2 – відцентровий вентилятор; 3 – осьовий вентилятор; 4 – конденсатор; 5 –

охолоджувачі; 6 – водяні повітрянагрівачі; 7 – фільтруючі коробки; 8 – електричні повітрянагрівачі

У режимі охолодження задіюються холодильний агрегат та вентиляційне обладнання, тоді як електричні та водяні нагрівачі залишаються вимкненими.

Під час роботи охолоджувального контуру (див. рис. 1.3), у разі ввімкненого вентилятора 6, повітря з купе (рециркуляційне) через повітрязабірні отвори надходить у установку. Одночасно через інші повітроприймачі всмоктується зовнішнє повітря. Обидва потоки змішуються у змішувальних камерах і потрапляють у повітроохолоджувачі 2. Після охолодження змішаний потік подається назад до пасажирського відсіку.

Частина повітря повертається в установку для рециркуляції, а інша частина виходить назовні крізь нещільності конструкції вагона.

Необхідна температура на поверхні охолоджувачів забезпечується завдяки роботі компресора 1, який стискає пари холодоагенту та подає їх у повітряні конденсатори 3. Охолодження холодоагенту здійснюється потоком атмосферного повітря, що нагнітається вентилятором 7. Після охолодження та конденсації холодоагент переходить у рідку фазу та подається до терморегулюючих вентилів 5.

У цих вентилях відбувається дроселювання, тобто зниження тиску від рівня конденсації до рівня кипіння. Далі рідкий холодоагент потрапляє в повітроохолоджувачі, де кипить у трубках, забираючи тепло з навколишнього повітря. Одночасно волога з повітря конденсується на поверхні ребер охолоджувача, збирається в піддон і відводиться через дренажні отвори в нижній частині установки.

Пари холодоагенту після випарювання повертаються назад у компресор – цикл повторюється.

У режимі вентиляції холодильний контур та нагрівачі не активуються. Функціонує лише відцентровий вентилятор 6, який забезпечує рух повітря та провітрювання вагона без зміни температури повітря.

У разі потреби в обігріві можуть бути задіяні як електричні нагрівачі 8, так і водяні теплообмінники 4. Повітря циркулює аналогічно описаному вище способу, однак замість охолодження проходить підігрів повітря в нагрівальних елементах перед подачею у вагон.

Управління роботою установки здійснюється за допомогою окремого блоку – системи управління (СУ), яка не входить безпосередньо до складу вентиляційно-охолоджувальної установки. Вона забезпечує:

- вибір режиму роботи (автоматичний або ручний) (таб. 1.1);
- регулювання потужності обігріву або охолодження;
- контроль та підтримання температурних параметрів у вагоні;
- керування повітрообміном;
- облік напрацювання обладнання;
- реєстрацію та передачу інформації про температурні показники зовнішнього та внутрішнього повітря, стану повітря після обробки, температуру води в опалювальному контурі;
- повідомлення про несправності.

Таблиця 1.1 – Порівняння характеристик системи кондиціонування повітря МАВ-ІІ і АВК-30

Характеристика	МАВ-ІІ	АВК-30
Потужність охолодження	31,4 кВт	30 кВт
Продуктивність повітря	4 000–5 000 м ³ /год	4 000 м ³ /год
Живлення	110 В DC, 28 кВт	3×380 В (+127 В, 24 В)
Нагрів	водяний (зима)	електричний ≈ 6 кВт
Холодоагент	R12 / R22	R22 (→ R134а для “Р”)
Робочий температурний діапазон	– 50 ...+ 45 °С	–50 ...+45 °С (до +50 °С)
Маса	-	~740–770 кг

Обидві системи кондиціонування – МАВ-II та АВК-30 – мають приблизно однакову холодопродуктивність (~30 кВт) і забезпечують ефективний повітрообмін у пасажирських вагонах. Проте АВК-30 вирізняється ширшим температурним діапазоном роботи, підтримкою автономних режимів нагріву та вентиляції, а також використанням сучасних холодоагентів, що відповідають екологічним нормам. У той час як МАВ-II працює від живлення 110 В постійного струму і оснащена більшими теплообмінниками, що забезпечують стабільне охолодження, вона використовує застарілі типи фреонів, які потребують заміни. Через це система МАВ-II потребує модернізації та адаптації до сучасних вимог екологічної безпеки. Натомість АВК-30, особливо у версії “Р” з холодоагентом R134a, уже відповідає цим вимогам і краще пристосована до експлуатації в умовах української залізниці. Отже, попри технічну ефективність МАВ-II, саме АВК-30 є сучаснішим, екологічнішим і практичнішим рішенням для впровадження в нових вагонах.

2 ОСНОВНІ НЕДОЛІКИ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ У ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНАХ ПОЇЗДІВ, ЯКІ ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ

Недоліки діючих систем кондиціонування повітря, які застосовуються на вагонах, що експлуатуються на залізничному транспорті України [2-7]:

1. Обмежений кліматичний контроль:

- системи, як правило, не забезпечують індивідуального регулювання температури в купе або окремих зонах вагона.

2. Низька енергоефективність:

- у багатьох випадках використовуються застарілі компресори та фреони, що споживають більше електроенергії та не відповідають сучасним екологічним нормам.

3. Погана якість повітря:

- недостатній обсяг подачі свіжого повітря, особливо в режимі рециркуляції, що може призводити до накопичення вуглекислого газу й зниження комфорту.

4. Обмеженість роботи при високих температурах:

- у спекотну пору року система часто не справляється з навантаженням і не забезпечує належного охолодження вагона.

5. Шум і вібрації:

- окремі кондиціонери створюють надмірний рівень шуму, що заважає пасажиром під час подорожі.

6. Складність у технічному обслуговуванні:

- обладнання часто складне в обслуговуванні, особливо при відсутності запасних частин або через моральну застарілість систем.

7. Погане регулювання вологості:

- більшість систем не підтримують заданий рівень вологості, що негативно впливає на мікроклімат у вагоні.

8. Висока аварійність:

- часті випадки виходу систем із ладу, особливо на вагонах старих моделей.

9. Відсутність адаптації до сучасних стандартів:

- більшість систем не інтегровані з автоматизованими системами керування чи моніторингу стану обладнання.

10. Застарілі технології управління:

- у багатьох вагонах використовуються аналогові системи без автоматичного контролю температури та самодіагностики несправностей.

11. Нерівномірний розподіл повітря:

- повітря подається нерівномірно по салону або купе, що створює зони перегріву чи переохолодження.

12. Великий обсяг втрат енергії:

- через теплові мости, погану теплоізоляцію вагонів та неефективне регулювання – частина охолодженої або нагрітої енергії втрачається.

13. Відсутність адаптації до змінних режимів руху:

- системи не реагують належним чином на зміну швидкості поїзда, зупинки або зміни температури навколишнього середовища.

14. Висока чутливість до технічного зносу:

- компресори, вентилятори та трубопроводи швидко зношуються при тривалій експлуатації, особливо у вагонах з інтенсивним графіком руху.

Системи кондиціонування повітря, що використовуються у пасажирських вагонах в Україні, мають низку технічних і експлуатаційних недоліків, які знижують комфорт та ефективність їх роботи. Застарілі рішення не відповідають сучасним вимогам енергоефективності, індивідуального клімат-контролю та надійності. У зв'язку з цим необхідно або модернізувати існуючі системи, або розробити нову універсальну систему кондиціонування, адаптовану до умов українських залізниць.

3 СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ З РОЗДІЛЬНИМ КЛІМАТ КОНТРОЛЕМ

3.1 Системи кондиціонування повітря з роздільним клімат контролем на російських залізницях

Системи кондиціонування повітря з роздільним клімат контролем застосовуються на залізничному транспорті рф. В основному розробку таких систем проводять приватні фірми, хоч є і держані вагонобудівники, зокрема ВАТ «ТВЗ». До таких фірм відноситься Циркон-Сервіс, що випускає малі партії спеціальних вагонів салонного типу підвищеної комфортності. Однак основний у Росії виробник серійних пасажирських вагонів ВАТ «ТВЗ» не поспішає використовувати це рішення і, цілком справедливо, з низки причин, пов'язаних, наприклад, з необхідністю подачі у вагон свіжого повітря, додатковим

постачанням електроенергії, збиранням та видаленням конденсату, захаращенням купе блоком охолодження, тощо. І, нарешті, готові типи побутових кондиціонерів не мають поки що транспортного виконання. Загалом, цей напрям вимагає істотної зміни конструкцій вентиляційної системи, електрообладнання вагона і кондиціонерів, що випускаються. В зв'язку з цим деякі приватні фірми росії, причетні до вагонобудування, запропонували та реалізували в дослідних зразках ряд технічних рішень щодо систем індивідуального регулювання температури повітря по купе. Однак жодна з них не відповідає в повній мірі вимогам енергетичної ефективності та експлуатаційним якостям [8].

ВАТ «ТВЗ» прийняв до реалізації на комфортабельних вагонах з централізованим високовольтним електропостачанням систему розподілених по купе електронагрівачів для індивідуального регулювання з прямим впливом на температуру повітря, що подається. На рис. 3.1 наведена схема системи з розташуванням електронагрівачів 4 у розподільчих коробах 3 повітроводу 2. Потужність електронагрівача – $P = 1,5$ кВт, сумарна потужність 15 кВт з живленням від низьковольтного блоку високовольтного перетворювача. При роботі кліматичної системи вагона на будь-якому режимі: «опалення», «охолодження», «перехідне опалення» поворотом ручки регулятора 5, розташованого в купе, пасажир може активізувати електронагрівач на навантаження від 0 до 1,5 кВт, тим самим повітря, що надходить у купе, буде нагріватися на деяку величину в залежності від положення регулятора.

На всіх режимах уставка температури в блоці термоавтоматики повинна перебувати в нижчому положенні, тоді регулювання в купе може проводитися зі збільшенням температури від заданої до $28 \div 30$ °С. Система працює цілий рік. Недоліком системи є те, що для її роботи потрібне додаткове джерело енергії 15 кВт. Тому вона може бути використовуватися лише на вагонах із централізованим електропостачанням, частка яких у парку експлуатації незначна порівняно з вагонами з автономними системами електропостачання.

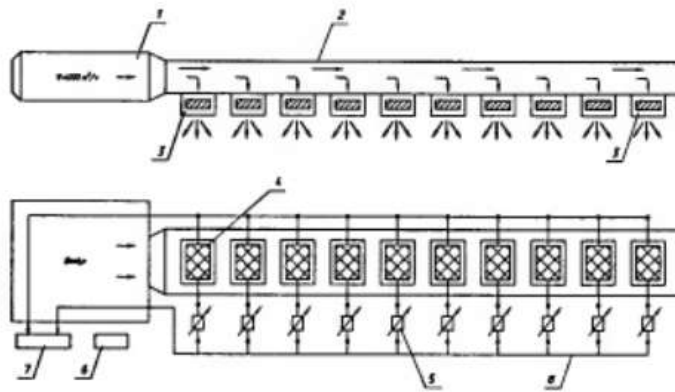


Рисунок 3.1 – Система індивідуального регулювання температури повітря у купе вагонів побудови ВАТ «ТВЗ»

1 – кондиціонер; 2 – повітропровід; 3 – розподільча коробка; 4 – ТЕНи; 5 – регулятор; 6 – коректор Ц-регулятора; 7 – блок електроживлення; 8 – дроти, додаткове обладнання: 4; 5; 6; 7; 8

Інша фірма у росії ЗАТ «БСК» запропонувала систему індивідуального регулювання температури повітря в купе за рахунок зміни масової подачі рециркуляційного повітря. Система ЗАТ «БСК» на відміну системи ВАТ «ТВЗ» не вимагає додаткового джерела енергії. І тому, як показано на рис. 3.2, центральний повітропровід розділяється вздовж вагона перегородкою 5 для проходження окремо свіжого та рециркуляційного повітря.

Змішування свіжого і рециркуляційного повітря відбувається в розподільчих коробках 3 безпосередньо перед надходженням в купе. У рециркуляційному каналі повітропроводу на вході повітря в розподільчі коробки купе встановлюються повітряні клапани з електроприводом, що регулюють подачу рециркуляційного повітря в купе. Пасажир, керуючи регулятором купе 6, змінює положення заслінки повітряного клапана, залежно від якого в купе подається більше або менше рециркуляційного повітря.

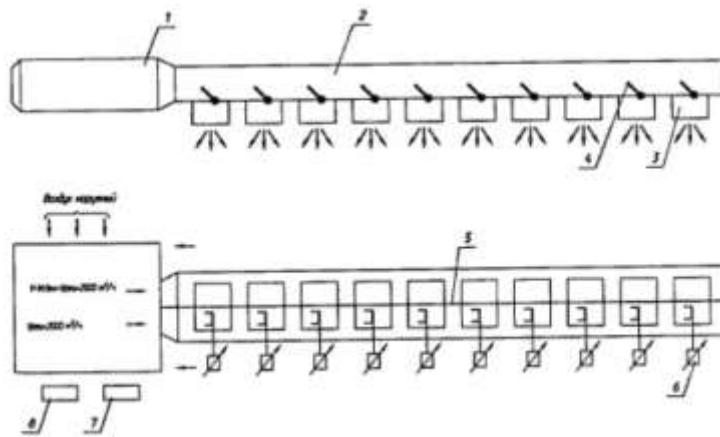


Рисунок 3.2 – Система індивідуального регулювання температури повітря у купе вагонів побудови ВАТ ЗАТ «БСК»

1 – кондиціонер; 2 – повітропровід; 3 – розподільча коробка; 4 – заслінки; 5 – перегородка; 6 – регулятор купе; 7 – коректор Ц-регулятора; 8 – блок живлення електроприводу заслінок; додаткове обладнання: 4; 5; 6; 7; 8

При кондиціонуванні (літній режим) із зменшенням подачі рециркуляційного повітря температура в купе поступово зростатиме рахунок впливу чинників довкілля (температура зовнішнього повітря, відносна швидкість руху, сонячна радіація). При опаленні (взимку та в перехідні періоди року) зростання температури повітря в купе відбуватиметься зі збільшенням подачі рециркуляційного повітря. Перевага даної системи полягає в тому, що вона не вимагає додаткового джерела електроенергії, модернізація повітроводу досить проста і дешева. Недолік системи полягає у сильній залежності регульованої температури повітря в поєднанні від зовнішніх умов.

Запропоновані системи можна віднести до двох основних груп: з прямим впливом на температуру повітря, що подається в купе (активна система) і непрямим впливом зі зміною маси повітря, що подається постійної температури (пасивна система).

Перевага системи кондиціонування повітря з роздільним клімат контролем може бути значно посилена за допомогою заміни додаткового джерела електропостачання на альтернативний, без затратний. Для цього можна

використовувати кілька варіантів. Найпростішим видається варіант ЗАТ «ЛАНТЕП» з використанням вкидувального тепла конденсаторів УКВ ПВ, величина якого в 2 рази перевищує величину холодопродуктивності кондиціонера. Для цього в повітряному тракті конденсаторного відсіку УКВ після теплообмінників встановлюються додаткові теплообмінники 8 повітря – рідкий теплоносії (рис. 3.3). У розподільчих коробках 3 повітропроводу 2 встановлюються теплообмінники 4 - рідкий теплоносії – повітря. По контуру, який створюється елементами 4-11 циркулює рідкий теплоносії, температура якого близька до температури конденсації холодоагенту. У разі відкриття багатопозиційного регулятора 10 гаряча рідина починає циркулювати через теплообмінник 4 і нагріває повітря, що надходить у купе. Необхідним у системі є автоматичне керування циркуляційним насосом 9 залежно від кількості увімкнених регуляторів 10 та їхніх положень, а також байпасом 5, що має два положення: «відкритий» - холостий хід системи; «закритий» - робота системи. У режимі опалення індивідуальне регулювання температури повітря в купе здійснюється подачею холодного теплоносія з додаткових теплообмінників конденсатора УКВ ПВ у купейні теплообмінники.

Модифікацією запропонованого варіанта може слугувати схема з роздачею тепла (холоду) повітрям. Для цього повітропровід розділяється перегородкою на дві частини (як у ЗАТ «БСК»), а в розподільчих коробках встановлюють по дві заслінки, що регулюють подачу повітря. У середині УКВ ПВ встановлюються симетрично ще два теплообмінники в повітряному тракті випарників. Причому один із них гідравлічно з'єднується з котельною системою опалення, паралельно наявному водяному калориферу, другий з'єднується в контур додаткових теплообмінників конденсатора. У результаті по одній поздовжній частині повітропроводу подається підігріте повітря, а по другій – охолоджене з різницею температур у межах діапазону регулювання. Залежно від положення заслінок у купе може подаватися тепле або холодне повітря, або суміш теплового і холодного, рівнодіюча температура якої буде пропорційна масі, що подається, і температурі

КОЖНОГО З НИХ.

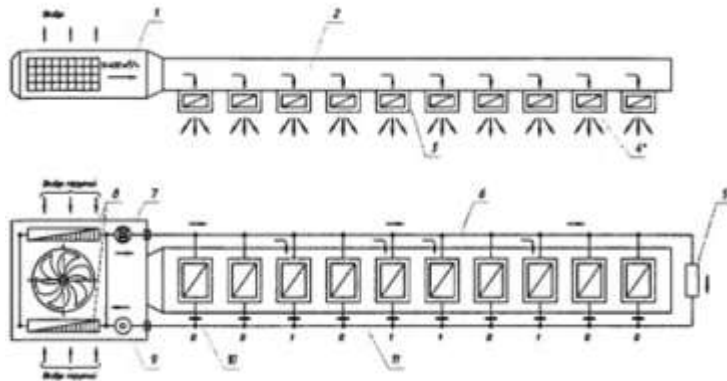


Рисунок. 3.3 – Система індивідуального регулювання температури повітря в купе вагона ЗАТ «ЛАНТЕП»

1 – кондиціонер; 2 – повітропровід; 3 – попередня коробка; 4 – фанкойли; 5 – байпас; 6 – трубопровід прямий; 7 – розширювач; 8 – теплообмінники; 9 – циркуляційний насос; 10 – регулятори; 11 - повітропровід зворотний.

Переваги першої схеми ЗАТ «ЛАНТЕП» або модифікованої можуть бути визначені в результаті конструкторського опрацювання варіантів, визначення можливостей реальної інтегрованої системи.

3.2 Системи кондиціонування повітря з роздільним клімат контролем на європейських залізницях

В Європі відомо застосування активних систем з використанням електронагрівачів, як і система ВАТ «ТВЗ», що живляться від вагонних джерел централізованого електропостачання.

У роботі авторів [9] зазначається, що вентиляційні системи нового покоління дозволяють регулювати кліматичні умови окремо в різних зонах вагона, відповідно до потреб пасажирів. Це є прикладом системи кондиціонування з роздільним клімат-контролем, коли в кожній частині поїзда (наприклад, у купе, салоні

першого або другого класу) можуть встановлюватися індивідуальні параметри температури та вологості.

У роботі [10] досліджено вплив індивідуального керування мікрокліматом на тепловий комфорт пасажирів у вагонах поїздів далекого сполучення. Автори аналізують концепцію "персоналізованих зон комфорту" (personalized comfort zones), що фактично відповідає принципу роздільного клімат-контролю – коли кліматичні параметри (температура, обігрів) можуть регулюватися окремо для різних зон або індивідуальних місць у вагоні (рис. 3.4).

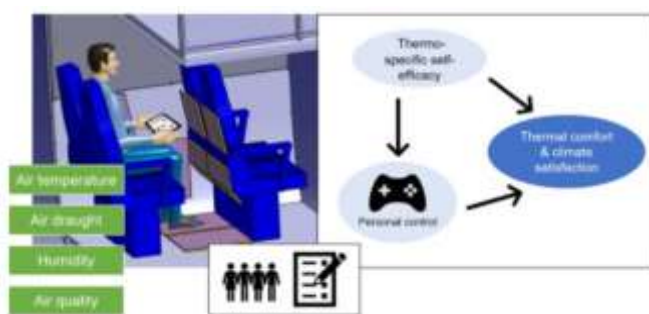


Рисунок. 3.4 – Система кондиціонування повітря з роздільним клімат контролем, запропонована у роботі [9]

У дослідженні було застосовано дистанційно керовані інфрачервоні панелі обігріву, які дозволяли пасажирам самостійно змінювати параметри мікроклімату у своїй зоні. Це дало змогу вивчити, як наявність та використання індивідуального контролю впливають на суб'єктивне відчуття комфорту та задоволеність умовами перебування у поїзді.

Таким чином, результати цієї роботи підтверджують доцільність застосування систем кондиціонування з роздільним клімат-контролем, які враховують індивідуальні потреби пасажирів і сприяють підвищенню рівня комфорту під час поїздки.

Система кондиціонування повітря з роздільним клімат-контролем призначена для забезпечення індивідуального мікроклімату в кількох ізольованих зонах (Zone 1, Zone 2, ... Zone N) за рахунок регулювання об'єму та параметрів

подачі повітря в кожну зону була запропонована в роботі [11]. Основні компоненти системи наведені на рис. 3.5

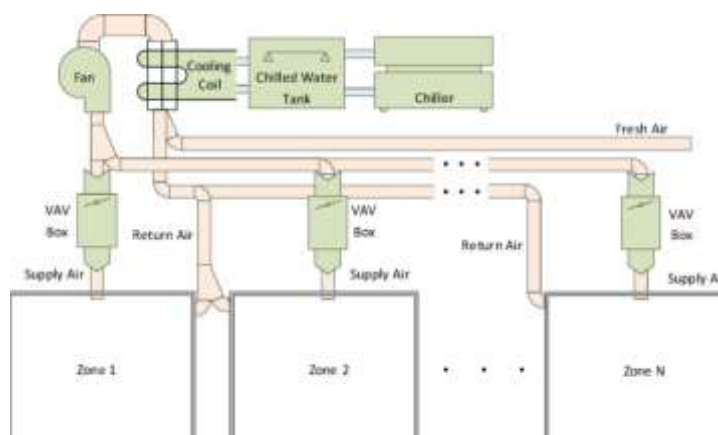


Рисунок. 3.5 – Система кондиціонування повітря з роздільним клімат контролем, запропонована у роботі [11]: Chiller (чилер) – охолоджувальна машина, яка виробляє холодну воду для теплообмінника (cooling coil); Chilled Water Tank (резервуар охолодженої води) – акумулює охолоджену воду, яка потім подається до теплообмінника; Cooling Coil (охолоджувальна змійовикова батарея) – повітря проходить крізь цю секцію й охолоджується від холодної води; Fan (вентилятор) – забезпечує переміщення повітря через систему (подача повітря в зони); Fresh Air (свіже повітря) – свіже повітря подається до системи, змішується з рециркуляційним; Return Air (повітря зворотної циркуляції) – повітря, яке повертається з приміщення, частково рециркулюється або виводиться; VAV Box (Variable Air Volume box) – змінює об’єм подачі повітря у кожну зону. Це головний елемент роздільного клімат-контролю

Chiller виробляє холодоносій, який надходить у резервуар охолодженої води. З резервуару холодоносій подається до охолоджувальної змійовикової батареї, де повітря, що проходить через теплообмінник, охолоджується. Вентилятор створює тиск, який забезпечує рух повітря через систему. Змішане свіже та рециркуляційне повітря подається через магістральні повітроводи. У кожній зоні VAV-коробка регулює об’єм подачі повітря залежно від заданих параметрів температури та

вологості.

Відпрацьоване повітря частково повертається у систему (Return Air) для повторного використання, частково виводиться назовні.

Завдяки зональному управлінню можна підтримувати індивідуальні кліматичні умови у кожній зоні (наприклад, у різних купе пасажирського вагона або різних кімнатах офісу), що підвищує комфорт та енергоефективність.

3.3 Переваги та недоліки систем кондиціонування повітря з роздільним клімат контролем

Систем кондиціонування повітря з роздільним клімат контролем мають ряд переваг та недоліків [9].

Переваги:

1. Покращення комфорту пасажирів:

- індивідуальне регулювання температури в кожному купе чи зоні вагона підвищує суб'єктивне відчуття комфорту (концепція *personalized comfort*).

2. Гнучкість у керуванні мікрокліматом:

- пасажирів можуть самостійно обирати температуру в межах від заданої до 28–30 °С, незалежно від загального режиму системи (опалення/охолодження).

3. Цілорічна робота:

- системи працюють у всіх кліматичних режимах – опалення, охолодження та міжсезоння.

4. Інтеграція із сучасними технологіями:

- можливе застосування інфрачервоних обігрівачів, фанкойлів, байпасних схем, а також VAV-коробок (Variable Air Volume), що дає змогу зонального керування.

5. Потенціал енергозбереження:

- у системах типу ЗАТ «БСК» або «ЛАНТЕП» відсутня потреба в додатковому енергоживленні або використовується вторинне тепло від конденсаторів (таб. 1).

6. Модульність і адаптивність:

- системи можна реалізовувати як активні (із нагрівом/охолодженням повітря), так і пасивні (зміна співвідношення рециркуляції і свіжого повітря).

Недоліки:

1. Підвищене енергоспоживання (активні системи):

- потребують додаткових 15 кВт електроенергії, що можливе лише за умови централізованого живлення.

2. Обмежене застосування:

- через енергоспоживання системи непридатні для вагонів з автономним живленням, яких більшість у складі парку.

3. Захаращення простору:

- установка блоків охолодження або нагріву в купе зменшує корисну площу та створює складності в обслуговуванні.

4. Складність у реалізації та модернізації:

- вимагається переобладнання вентиляційної системи, електропроводки, інсталювання нових компонентів (теплообмінників, вентиляторів, регуляторів).

5. Низька ефективність деяких пасивних рішень:

- системи на базі регуляції рециркуляції повітря (ЗАТ «БСК») залежні від зовнішніх кліматичних умов, що ускладнює стабільне регулювання температури.

6. Невідповідність стандартам:

- прототипи від приватних компаній часто не відповідають нормам енергоефективності або надійності при тривалому використанні.

7. Відсутність серійних транспортних рішень:

- побутові компоненти, які використовуються у прототипах, не адаптовані до умов залізничної експлуатації (вібрації, пил, змінні температури).

Таблиця 3.1 – Порівняльна таблиця різних систем кондиціонування повітря з роздільним клімат контролем

Система	Тип впливу	Потреба в енергії	Гнучкість регулювання	Придатність до серійного впровадження
ВАТ «ТВЗ»	Активний	Висока (15 кВт)	Висока	Обмежена (через потребу в ЦЕП)
ЗАТ «БСК»	Пасивний	Мінімальна	Обмежена зовнішніми факторами	Дешева модернізація, проста структура
ЗАТ «ЛАНТЕП»	Комбінований	Використання вторинного тепла	Висока	Перспективна при доопрацюванні
Європейські	Активний (з VAV)	Середня/висока	Висока	Висока (але потребує точного проектування)

Системи кондиціонування з роздільним клімат-контролем є перспективним напрямом для підвищення комфорту в пасажирських вагонах. Водночас їхнє широке впровадження потребує постійного технічного вдосконалення, адаптації до енергетичних та експлуатаційних умов залізничного транспорту.

4 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА

Точний розрахунок системи кондиціонування повітря вагона поїзда виконується ітераційним методом – для деяких невідомих величин спочатку приймаються припущені (орієнтовні) значення, які далі перевіряються у ході розрахунку. Якщо отримані результати не відповідають заданим умовам, проводиться коригування цих значень та повторний розрахунок. Процедура повторюється доти, доки не буде досягнуто узгодження параметрів, після чого

розрахунок вважається завершеним [12, 13].

Нижче наведено приклад розрахунку холодопродуктивності системи кондиціонування повітря пасажирського вагона, під час якого задаються два ключові параметри – вологість повітря в купе та витрата рециркуляційного повітряного потоку. Другий параметр перевіряється з урахуванням забезпечення температури повітря, що подається у купе, не нижче нормативного значення – 16 °С. Перевірка вологості повітря здійснюється наступним чином.

Як відомо, при охолодженні повітря холодною поверхнею на I–d-діаграмі процес відбувається по прямій, що виходить з точки початкового стану повітря і прямує у напрямку до точки насичення при температурі холодної поверхні ($\varphi = 100\%$).

У теорії, цей процес має досягти кінцевої точки з відносною вологістю $\varphi = 100\%$. Однак на практиці повітря не встигає повністю насититися вологою і «зупиняється» в точці з відносною вологістю $\varphi = 85 \dots 95\%$. Проте всі три точки – початкова, теоретично кінцева та фактична кінцева – лежать на одній прямій на I–d-діаграмі. Саме ця умова – розташування точок на одній прямій – і є критерієм перевірки правильності прийнятого значення вологості повітря в купе (у початковій точці).

Повна теплова потужність від людей [11]:

$$N_{\text{повн_людин}} = n_{\text{люд}} \cdot (N_{\text{явн}} + N_{\text{прих}}), \quad (4.1)$$

де $n_{\text{люд}}$ – кількість пасажирів у вагоні;

$N_{\text{явн}}$ – явне тепловиділення однією особою, *кВт*;

$N_{\text{прих}}$ – приховане тепловиділення через випаровування, *кВт*.

Приховане тепловиділення через випаровування визначається з наступної формули:

$$N_{\text{прих}} = r_{\text{води}} \cdot P_{\text{люд}}, \quad (4.2)$$

де $r_{\text{води}}$ – теплота пароутворення (2500 кДж/кг),

$P_{\text{люд}}$ – кількість вологи, яку виділяє одна особа, кг/год.

Теплопритоки через огородження:

Через обшивку вагона:

$$N_{\text{обш}} = S_{\text{обш}} \cdot K_{\text{обш}} (t_{\text{зовн}} - t_{\text{всеред}}), \quad (4.3)$$

де $S_{\text{обш}}$ – загальна площа зовнішньої обшивки вагона (даху, стін, підлоги, торців), через яку відбувається теплообмін, m^2 ;

$K_{\text{обш}}$ – коефіцієнт теплопередачі матеріалу обшивки, що враховує теплопровідність конструкції, $Вт/(m^2 \cdot ^\circ C)$;

$t_{\text{зовн}}$ – температура зовнішнього повітря, $^\circ C$;

$t_{\text{всеред}}$ – температура повітря всередині вагона, $^\circ C$.

Через вікна вагона:

$$N_{\text{вікна}} = S_{\text{вікон}} \cdot K_F (t_{\text{зовн}} - t_{\text{всеред}}), \quad (4.4)$$

де $S_{\text{вікон}}$ – загальна площа вікон у вагоні, m^2 ;

K_F – коефіцієнт теплопередачі вікна, який враховує опір теплообміну на поверхнях скла, у прошарку повітря між шибками та тепловіддачу зовні й усередині вагона, $Вт/(m^2 \cdot ^\circ C)$.

Коефіцієнт теплопередачі вікон:

$$K_F = \frac{1}{R_\alpha + R_{\text{прошарок}} + R_{\text{скло}}}, \quad (4.5)$$

де R_{α} – сумарне термічне (теплове) опір зовнішньої та внутрішньої поверхонь скла (тобто опір теплообміну з повітрям іззовні та зсередини), $m^2 \cdot ^\circ C / Bt$;

$R_{\text{прошарок}}$ – опір повітряного проміжку, $m^2 \cdot ^\circ C / Bt$;

$R_{\text{прошарок}}$ – опір скла, $m^2 \cdot ^\circ C / Bt$.

Сумарне термічне (теплове) опір зовнішньої та внутрішньої поверхонь скла визначається з наступної формули:

$$R_{\alpha} = \frac{1}{\alpha_{\text{зовн}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{внут}}}, \quad (4.6)$$

де $\alpha_{\text{зовн}}$ – коефіцієнт тепловіддачі зовні (від потоку повітря вздовж скла), $Bt / (m^2 \cdot ^\circ C)$;

$\alpha_{\text{внут}}$ – коефіцієнт тепловіддачі з боку салону, $Bt / (m^2 \cdot ^\circ C)$.

Радіаційні теплопритоки через вікна:

$$N_{\text{радіац}} = \left(\frac{N_{\text{пряма}}}{2} + N_{\text{розсіяна}} \right) \cdot S_{\text{вікон}}, \quad (4.7)$$

де $N_{\text{пряма}}$ – пряма сонячна радіація на одиницю площі, Bt / m^2 . Це сонячне випромінювання, що потрапляє прямо, без розсіюванням;

$N_{\text{розсіяна}}$ – розсіяна радіація, Bt / m^2 . Це частина сонячної енергії, розсіяна атмосферою і хмарами.

Тепло з повітрям, що надходить ззовні:

- маса сухого повітря:

$$M_{\text{сухе}} = \frac{Q}{(1+d) \cdot (i_2 - i_1)}, \quad (4.8)$$

де d – вологовміст повітря, тобто маса водяної пари на 1 кг сухого повітря;

Q – загальна кількість тепла, яку потрібно відвести, $кВт$ або $кДж/год$;

i_2 – ентальпія повітря на вході (тепліше);

i_1 – ентальпія повітря на виході (після охолодження).

Тепловий потік, що надходить із повітрям:

$$N_{\text{повітр}} = \frac{M_{\text{сухе}} \cdot \Delta i}{3600}, \quad (4.9)$$

де Δi – різниця ентальпій повітря (тепловий вміст на одиницю маси), яке надходить і відводиться.

Холодопродуктивність кондиціонера визначається за формулою:

$$N_{\text{конд}} = m_{\text{вв}} \cdot (i_{\text{см1}} - i_{\text{вх}}), \quad (4.10)$$

де $m_{\text{вв}}$ – масова витрата повітря;

$i_{\text{см1}}$ – ентальпія повітря після вентилятора;

$i_{\text{вх}}$ – ентальпія повітря, що надходить у вагон.

Енергетичну ефективність кондиціонера визначимо за формулою:

$$EER = \frac{N_{\text{конд}}}{N_{\text{вент}}}, \quad (4.11)$$

де $N_{\text{вент}}$ – потужність вентилятора, $Вт$.

Визначення втрат тиску повітря в системі вентиляції вагона.

Кінематична в'язкість повітря залежить від сили міжмолекулярних зв'язків. Стан поверхні повітроводу визначається матеріалом, з якого він зроблений, а також ступенем відносної шорсткості – відношенням висоти виступів до розміру повітроводу. Коефіцієнт опору тертю λ залежить від режиму руху повітря, що характеризується числом Рейнольдса, та стану

внутрішніх поверхонь повітропроводу. Розрахунок значень λ трудомісткий, ведеться по емпіричних та напівемпіричних формулах, зазвичай наводиться в довідниках. Для спрощеного розрахунку можна скористатися формулою:

$$\lambda = 0,316 \text{Re}^{-0,25}, \quad (4.12)$$

де Re – число Рейнольдса.

Число Рейнольдса визначається з формули:

$$\text{Re} = \frac{\omega_{\text{п}} d}{\nu}, \quad (4.13)$$

де ν – кінематична в'язкість повітря, $\text{м}^2/\text{год}$.

d – діаметр повітропроводу, м^2 ;

$\omega_{\text{п}}$ – швидкість руху повітря, $\text{м}/\text{с}$.

Діаметр повітропроводу визначається з формули [10, 11]:

$$d = \frac{2ab}{a+b}, \quad (4.14)$$

де a, b – розмір сторін повітропроводу, м .

Швидкість повітря визначається з формули [11]:

$$\omega_{\text{п}} = \frac{V_{\text{А}}}{A \cdot 3600}, \quad (4.15)$$

де $V_{\text{А}}$ – кількість повітря, яке подається на одну всмоктувальну решітку, $\text{м}^3/\text{год}$.

Втрати тиску повітря в місцях опору:

$$H_M = \sum \xi \frac{\omega^2 \rho}{2g}, \quad (4.16)$$

де ρ – густина повітря, $кг/м^3$;

g – прискорення вільного падіння, $кг·м/с^2$;

ξ – коефіцієнт місцевого опору, який визначається по табличним даним.

У випадку розрахунку місцевих втрат від різкого збільшення поперечного перерізу можна використати наступну формулу:

$$H_M = \left(1 - \frac{A_1}{A}\right)^2 \frac{\omega^2 \rho}{2g}, \quad (4.17)$$

де A_1, A – площі перерізу відповідно до і після розширення каналу, $м^2$.

Тоді загальний аеродинамічний опір системи:

$$H_{II} = \left(\sum l \frac{\lambda}{d} + \sum \xi\right)^2 \frac{\omega^2 \rho}{2g}. \quad (4.18)$$

Кількість тепла, яке отримує повітря від електродвигуна вентилятора і працюючих пристроїв автоматики становить:

$$Q_{уст} = 860(1 - \eta_{мех})N, \quad (4.19)$$

де 860 – тепловий еквівалент 1 $кВт·год$;

$\eta_{мех}$ – механічний ККД електродвигуна, приймається 0,8-0,9;

N – потужність, яка споживається електродвигунами вентиляторів і приборів автоматики, $кВт$.

Проведення розрахунку.

Вихідні дані.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для проведення розрахунку системи кондиціонування повітря

Параметр	Значення
Кількість пасажирів, $n_{\text{люд}}$	38 осіб
Норма повітря на особу, $G_{\text{люд}}$	15 м ³ /год
Температура повітря зовнішня, $t_{\text{зовн}}$	32 °C
Температура повітря всередині вагона, $t_{\text{всеред}}$	24 °C
Вологість повітря у вагоні, ϕ	49 %
Ентальпія повітря на вході, i_2	78,9 кДж/кг
Ентальпія повітря на виході, i_1	47,6 кДж/кг
Ентальпія повітря, що входить у вагон – тобто повітря вже після охолодження у випарнику, $i_{\text{вх}}$	52,7 кДж/кг
Ентальпія повітря після вентилятора випарника, $i_{\text{вент}}$	38,3 кДж/кг
Густина зовнішнього повітря, $\rho_{\text{зовн}}$	1,14 кг/м ³
Густина повітря при вході в вагон, $\rho_{\text{вх}}$	1,2 кг/м ³
Теплота пароутворення води, $r_{\text{води}}$	2,5·10 ³ кДж/кг
Загальний приплив вологи в купе, $P_{\text{вологи}}$	2,4 кг/год
Загальна площа поверхні решітки, A_p	0,138 м ²
Кількість повітря, яке подається на одну всмоктувальну решітку, V_A	2000 м/год

Повну теплову потужність від людей у вагоні визначимо за формулою 4.1:

$$N_{\text{повн_людин}} = 38 \cdot 117,7 = 4,5 \text{ кВт.}$$

Приховане тепловиділення через випаровування визначимо наступним чином:

$$N_{\text{прих}} = \frac{2,5 \cdot 10^3 \cdot 2,4}{3600} = 1,67 \text{ кВт.}$$

Теплопритік через обшивку вагона становитиме:

$$N_{\text{обш}} = 272 \cdot 0,559(32 - 24) = 1,2 \text{ кВт.}$$

Коефіцієнт теплопередачі вікон визначимо за формулою (4.5):

$$K_F = \frac{1}{0,1324 + 0,12 + 0,02} = 3,67 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°С}.$$

Сумарний термічний (тепловий) опір зовнішньої та внутрішньої поверхонь скла визначимо за формулою (4.6):

$$R_\alpha = \frac{1}{57} + \frac{1}{8,7} = 0,1324 \text{ м}^2 \cdot \text{°С} / \text{Вт}.$$

Радіаційні теплопритоки через вікна становитимуть:

$$N_{\text{радіац}} = \frac{494 \cdot 16}{2} + 121 \cdot 16 = 5,9 \text{ кВт}.$$

Маса сухого повітря визначається з формули (4.8):

$$M_{\text{сухе}} = \frac{649,8}{1,0182} = 639 \text{ кг} / \text{год}.$$

Тепловий потік, що надходить із повітрям визначається наступним чином:

$$N_{\text{повітр}} = \frac{639 \cdot 78,9}{3600} = 14 \text{ кВт}.$$

Холодопродуктивність кондиціонера визначається за формулою (4.10):

$$N_{\text{конд}} = 651 \cdot (52,7 - 38,3) = 20 \text{ кВт}.$$

Перейдемо до визначення втрат тиску повітря в системі вентиляції вагона.

Швидкість повітря визначимо за формулою (4.14):

$$\omega_{\text{пл}} = \frac{2000}{0,138 \cdot 3600} = 4,02 \text{ м} / \text{с}.$$

Втрати тиску повітря в місцях опору становитимуть:

$$H_{\text{М1}} = 6,4 \cdot \frac{4,02^2 \cdot 1,2}{2 \cdot 9,81} = 65,9 \text{ Па}.$$

Діаметр повітропроводу всмоктувального каналу становитиме:

$$d = \frac{2 \cdot 0,18 \cdot 0,77}{0,18 + 0,77} = 0,292 \text{ м.}$$

Число Рейнольдса визначимо з формули (4.13):

$$\text{Re} = \frac{4,02 \cdot 0,292}{15 \cdot 10^{-6}} = 78300.$$

Тоді втрати тиску в всмоктувальному каналі становитимуть:

$$H_{\text{втр1}} = 0,019 \cdot \frac{0,13 \cdot 4,02^2 \cdot 1,2}{0,292 \cdot 2 \cdot 9,81} = 0,084 \text{ Па.}$$

Перейдемо до визначення втрат повітря при переході в мундштук вентилятора.

Швидкість повітря в другому каналі становитиме:

$$\omega_{\text{п2}} = \frac{2000}{0,124 \cdot 3600} = 4,48 \text{ м / с.}$$

Втрати тиску в місцях опору становитимуть:

$$H_{\text{м2}} = 0,01 \cdot \frac{4,48^2 \cdot 1,2}{2 \cdot 9,81} = 0,012 \text{ Па.}$$

Діаметр повітропроводу всмоктувального каналу було встановлено вище і становить 0,292 м.

Число Рейнольдса визначимо з формули (4.13):

$$\text{Re} = \frac{4,48 \cdot 0,269}{15 \cdot 10^{-6}} = 80400.$$

Тоді втрати тиску повітря при переході в мундштук вентилятора становитимуть:

$$H_{\text{втр2}} = 0,019 \cdot \frac{0,122 \cdot 4,48^2 \cdot 1,2}{0,269 \cdot 2 \cdot 9,81} = 0,106 \text{ Па.}$$

Перейдемо до визначення втрат повітря в середній частині всмоктувального повітропроводу.

Швидкість повітря в даній частині повітропроводу становитиме:

$$\omega_{п3} = \frac{2000}{0,085 \cdot 3600} = 6,5 \text{ м / с.}$$

Втрати тиску в місцях опору визначимо з формули (4.17):

$$H_{M3} = \left(1 - \frac{0,124}{0,457}\right)^2 \frac{4,48^2 \cdot 1,2}{2 \cdot 9,81} = 6,52 \text{ Па.}$$

Втрати тиску в повітряному фільтрі. За даними заводу-виробника втрата тиску повітряного потоку в повітряному фільтрі зазвичай 49,03-98,06 Па. Прийmemo в розрахунку втрату тиску з врахуванням забрудненого в експлуатації фільтра $H_{M4} = 65 \text{ Па}$.

Перейдемо до втрати тиску повітря по гармоніці на стороні всмоктування.

Швидкість повітря становитиме:

$$\omega_{п2} = \frac{2000}{0,085 \cdot 3600} = 6,5 \text{ м / с.}$$

Тоді втрати тиску повітря по гармоніці на стороні всмоктування становитимуть:

$$H_{M5} = 0,11 \cdot \frac{6,5^2 \cdot 1,2}{2 \cdot 9,81} = 2,84 \text{ Па.}$$

Перейдемо до визначення втрати тиску повітря по гармоніці на стороні нагнітання.

Прийmemo довжину гармоніки 0,1 м. Тоді її еквівалентний діаметр становитиме:

$$d = \frac{2 \cdot 0,19 \cdot 0,255}{0,19 + 0,255} = 2,17 \text{ м.}$$

Число Рейнольдса визначимо з формули (4.13):

$$Re = \frac{11,5 \cdot 0,2175}{15 \cdot 10^{-6}} = 167000.$$

Тоді втрати тиску повітря по гармоніці на стороні нагнітання становитимуть:

$$H_{\text{втрз}} = 0,019 \cdot \frac{0,1 \cdot 11,5^2 \cdot 1,2}{0,22 \cdot 2 \cdot 9,81} = 1,67 \text{ Па}.$$

Тепер встановимо втрати тиску повітря на вході в збірний колектор перед калорифером (рис. 4.1). При цьому відбувається різка зміна поперечного перерізу повітряних потоків – $A_7 = 0,0485 \text{ м}^2$ і $A_8 = 0,15 \text{ м}^2$.

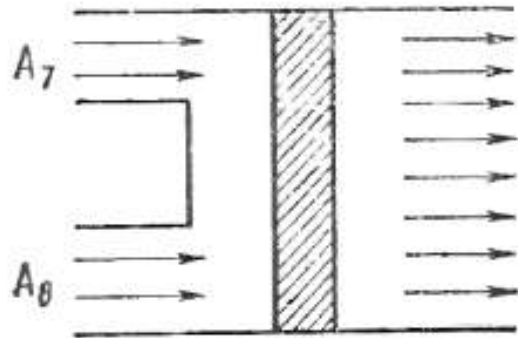


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема збирного колектора на вході в калорифер

Втрати тиску повітря по гармоніці на стороні нагнітання визначимо з формули (4.17), а швидкість повітряного потоку приймемо $11,5 \text{ м/с}$:

$$H_{\text{м6}} = \left(1 - \frac{0,0485}{0,15}\right)^2 \frac{11,5^2 \cdot 1,2}{2 \cdot 9,81} = 27 \text{ Па}.$$

Втрати тиску в калорифері відповідно до довідкових даних становлять $H_{\text{м7}} = 35 \text{ Па}$.

Перейдемо до визначення втрати тиску повітря в перехідному каналі. В даному каналі (рис. 4.2) повітряний потік двічі змінює свій напрямок. Через поступове зменшення поперечного перерізу при одночасному підвищенні швидкості повітря опір повітряному потоку можна прийняти $\rho = 0$.

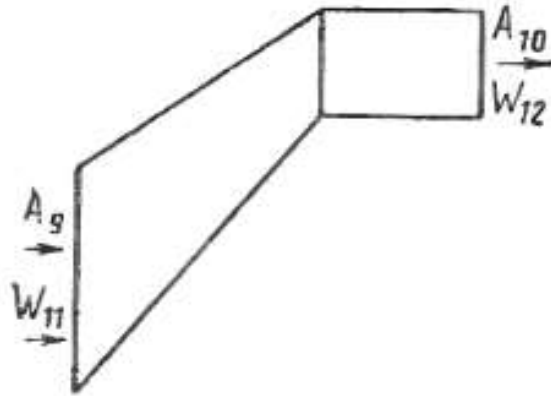


Рисунок 4.2 – Розрахункова схема перехідного каналу

Площа вікна і швидкість повітря на воді в перехідному каналі становить:

$$A_9 = 0,375 \cdot 0,8 = 0,3 \text{ м}^2,$$

$$\omega_{11} = \frac{4000}{0,3 \cdot 3600} = 3,7 \text{ м/с},$$

на виході з каналу:

$$A_{10} = 0,198 \cdot 0,965 = 0,191 \text{ м}^2,$$

$$\omega_{12} = \frac{4000}{0,191 \cdot 3600} = 5,82 \text{ м/с}.$$

Втрата тиску повітряного потоку через зміну напрямку становить:

$$h_{\text{втр}11} = 0,1 \frac{3,7^2 \cdot 1,2}{2 \cdot 9,81} = 0,83 \text{ Па}.$$

Втрата тиску повітряного в результаті другої зміни напрямку на виході з каналу становить:

$$h_{\text{втр}12} = 0,1 \frac{5,82^2 \cdot 1,2}{2 \cdot 9,81} = 2,07 \text{ Па}.$$

Втрата тиску повітряного при русі по прямолінійній частині каналу довжиною 0,21 м становить:

$$h_{\text{втр}13} = 0,016 \frac{0,21^2 \cdot 7,55^{-2} \cdot 1,2}{0,353 \cdot 2 \cdot 9,81} = 0,332 \text{ Па.}$$

Тоді її еквівалентний діаметр частини каналу становитиме:

$$d = \frac{2 \cdot 0,198 \cdot 0,965}{0,198 + 0,965} = 0,353 \text{ м.}$$

Число Рейнольдса визначимо з формули (4.13):

$$\text{Re} = \frac{7,55 \cdot 0,353}{15 \cdot 10^{-6}} = 17800.$$

Втрата тиску повітряного в перехідному каналі становитиме:

$$H_{\text{втр}4} = h_{\text{втр}11} + h_{\text{втр}12} + h_{\text{втр}13} = 0,83 + 2,07 + 0,33 = 3,23 \text{ Па.}$$

Втрата тиску на вході до каналу приточного повітря. На вході канал приточного повітря зроблено різке збільшення поперечного перерізу. Канал приточного повітря у перерізі розглядається як прямокутник, хоча його верхня площина дещо опукла (рис. 4.3). Розрахунок ведеться за формулою (4.17), у якій розміри перерізів $A_1 = 0,191 \text{ м}^2$; $A_{13} = 0,25 \cdot 0,978 = 0,244 \text{ м}^2$; $\omega_1 = 5,82 \text{ м/с}$ прийняті з технічної документації:

$$H_{\text{М6}} = \left(1 - \frac{0,191}{0,244}\right)^2 \frac{5,82^2 \cdot 1,2}{2 \cdot 9,81} = 0,9 \text{ Па.}$$

Втрата тиску при проходженні повітряним потоком вогнезахисної заслінки та кутників, які її оточують. Для спрощення розрахунку розглянемо це місце як різке звуження поперечного перерізу (рис. 4.3).

Площа каналу до заслінки становить:

$$A_{13} = 0,25 \cdot 0,978 = 0,244 \text{ Па.}$$

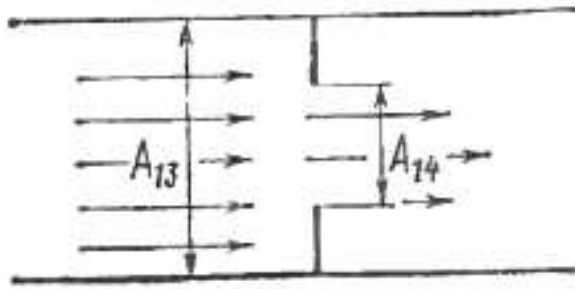


Рисунок 4.3– Розрахункова схема вогнезахисної заслінки

Площа прохідного перерізу горловини, де встановлена заслінка становить:

$$A_{14} = 0,188 \cdot 0,938 = 0,177 \text{ Па.}$$

Швидкість повітряного потоку становитиме:

$$\omega = \frac{4000}{0,177 \cdot 3600} = 6,28 \text{ м / с.}$$

Тоді сумарний опір повітряного потоку становитиме:

$$H_{M9} = \left[0,08 + \left(1 - \frac{0,177}{0,244} \right)^2 \right] \frac{6,28^2 \cdot 1,2}{2 \cdot 9,81} = 3,7 \text{ Па.}$$

Перейдемо до визначення втрати тиску повітря в каналі приточної вентиляції. Для розрахунку приймемо, що у крайні купе № 1 і 9, як й у службове купе (напівкупе для провідників) № 10, надходить однакова кількість свіжого повітря $V = 400 \text{ м}^3/\text{год}$. Відповідно до ТУ на будівництво вагона в кожному купе має бути надлишковий тиск 40 Па (стосовно зовнішнього середовища). Це вказує на те, що різниця тиску на початку каналу приточного повітря і в усіх купе має бути однаковою. Втрату тиску повітряного потоку в кінці каналу приточного повітря компенсують відповідним регулюванням повітроподаючих пристроїв у стелі купе.

Визначимо втрату тиску повітря в каналі приточного повітря і різницю

тисків між цим каналом і купе № 10.

Якщо довжина каналу $l = 2,5$ м і площа його перерізу $A_{15} = 0,244$ м², то швидкість повітряного потоку в цьому каналі визначиться за формулою (4.15):

$$\omega = \frac{4000}{0,244 \cdot 3600} = 4,55 \text{ м / с.}$$

Тоді еквівалентний діаметр частини каналу становитиме:

$$d = \frac{2 \cdot 0,25 \cdot 0,978}{0,25 + 0,978} = 0,398 \text{ м.}$$

Число Рейнольдса визначимо з формули (4.13):

$$Re = \frac{4,55 \cdot 0,398}{15 \cdot 10^{-6}} = 121000.$$

Втрата тиску повітря в каналі приточної вентиляції становитиме:

$$H_{\text{ВТР5}} = 0,175 \cdot \frac{2,5 \cdot 4,55^2 \cdot 1,2}{0,393 \cdot 2 \cdot 9,81} = 1,38 \text{ Па.}$$

Перейдемо до опору повітряного потоку у пристроях введення повітря у купе. Опір у зв'язку зі складністю розрахунку приймемо за експериментальними даними: у пристрої подачі повітря в купе $H_{\text{М10}} = 7,1$ Па; у кошику вентиляційного вводу $H_{\text{М11}} = 16,5$ Па; при проходженні мультивенти $H_{\text{М12}} = 2,7$ Па.

Різниця тиску повітря між купе і зовнішнім середовищем вагона. Величину різниці тисків приймемо з технічних умов для будівництва вагона - $H_{\text{М13}} = 40$ Па.

Визначимо тепер загальні втрати напору у системі вентиляції вагона. Визначимо їх для випадку подачі у вагон 4000 м³ повітря, що відповідає роботі вентилятора на III ступені:

$$\begin{aligned} H_{\text{ВТР}} &= 6,590 + 0,008 + 0,012 + 0,011 + 0,652 + + 6,500 + 0,284 + 0,167 + \\ &2,700 + 3,500 + 0,323 + 0,097 + 0,375 + 0,138 + 0,71 + 1,65 + \\ &0,27 + 4 = 27,987 \text{ кгс / м}^2 = 280 \text{ Па.} \end{aligned}$$

Додамо до цього 10% неврахованих втрат тиску повітря. Тоді загальна різниця тисків для III ступеня роботи вентилятора становитиме:

$$H_{\text{ВТР_ЗАГ}} = 27,987 + 2,79 = 30,78 \text{ кгс} / \text{м}^2 \approx 308 \text{ Па}.$$

Тоді потужність привідного електродвигуна вентилятора становитиме:

$$P = \frac{4000 \cdot 31}{3600 \cdot 102 \cdot 0,55} = 0,615 \text{ кВт}.$$

Енергетичну ефективність кондиціонера визначимо за формулою (4.11):

$$EER = \frac{20}{0,615} = 32,52.$$

Перейдемо до визначення швидкості повітряного потоку в пасажирському купе. Швидкість повітряного потоку через мультивенту із загальною площею отвора $A = 0,704 \text{ м}$ становитиме:

$$\omega_{\text{п_куп}} = \frac{4000}{0,704 \cdot 3600} = 0,158 \text{ м} / \text{с}.$$

Дійсна швидкість руху повітряного потоку в місцях перебування пасажирів має бути ще меншою, оскільки припливний потік повітря розподіляється на велику площу, точні розміри якої встановити неможливо.

Таким чином, вимоги технічних умов щодо забезпечення швидкості повітря купе пасажирів $\omega_{\text{п_куп}} < 0,25 \text{ м} / \text{с}$ виконуються.

5 ВИМОГИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ ОБСЛУГОВУВАННІ УСТАНОВОК КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

У відділенні де промивають і комплектують повітряні фільтри повинні бути встановлені ванни для виварювання касет повітряних фільтрів. Ванни повинні бути обладнані бортовими відсмоктувачами для видалення парів із поверхні. Підлога у відділенні, як правило, вистилається метлахською плиткою, а у робочих місць кладуться дерев'яні ґрати. Розчин, в якому промивають повітряні фільтри, містить луги, що подразнюють шкіру людини. Тому працювати на промиванні потрібно в гумових рукавичках, крім того, для захисту рук рекомендується застосовувати захисні пасти [14].

Відділення для ремонту теплообмінних апаратів доцільно розташовувати поблизу газозварювального відділення. Це створює певні зручності під час транспортування несправних апаратів на ремонт зварюванням. Перед ремонтом, а тим більше перед зварюванням, теплообмінні апарати повинні бути промиті розчином різних содових компонентів. Щоб уникнути опіків рук, промиті апарати обдувають стисненим повітрям, а потім обмивають зовні проточною водою з кімнатною температурою.

Підлога у відділенні має бути вистелена метлахською плиткою, а біля ремонтних верстатів настелені дерев'яні ґрати. Для запобігання подразненню шкірного покриву рук слюсарям, які зайняті ремонтом та промиванням теплообмінних апаратів, необхідно застосовувати захисні пасту та мазі. Необхідно повсякденно стежити за тим, щоб люки баків, в яких нагрівається миючий розчин та вода для обмивання апаратів, завжди були щільно закриті.

Особливої обережності потрібно дотримуватись при ремонті холодильного обладнання. Холодильна установка не допускається до експлуатації, якщо минув термін огляду встановлених на ній манометрів та інших контрольно-вимірювальних приладів. Манометри не рідше одного разу на рік повинні перевірятися і пломбуватися і не рідше одного разу на три місяці повинні оглядатися із постановкою дати огляду на склі. Забороняється для визначення місця витoku хладону додавати будь-які речовини з сильним запахом.

Розкривати хладонові компресори, апарати і трубопроводи дозволяється тільки після зниження в них тиску до атмосферного. При виявленні значного витoku хладону, щоб уникнути задухи, необхідно відразу ж увімкнути вентиляцію або в крайньому випадку відкрити вікна та двері вагона для провітрювання. Перед заповненням холодильної системи хладоном з балонів необхідно перевірити вміст кожного балона і переконатися, що в них знаходяться хладон.

Хладонові балони повинні відповідати Правилам улаштування,

утримання та огляду балонів для стиснених, зріджених та розчинених газів, а також технічним умовам на хладонові балони. Балони повинні бути пофарбовані алюмінієвою фарбою, мати напис «Хладон-12» та тавро про перевірку. Заряджання або дозаряджання системи хладоном потрібно проводити таким чином, щоб хладон подавався на бік низького тиску. Нагрівати балони під час заповнення системи забороняється. При випуску хладону із балона норма заповнення має перевищувати 1,2 кг на 1 л. Після заповнення системи хладоном або зворотного випуску хладону в балони не можна залишати балони, приєднаними до холодильної установки.

Забороняється видаляти скупчення снігової шуби з хладонових випарників механічним способом. Відкривати ковпачкову гайку на ніпелі балона слід обережно, без ударів. При цьому вихідний отвір вентиля балона повинен бути спрямований у бік від працюючої людини, яка до того ж має бути в захисних окулярах.

При огляді внутрішніх частин хладонових компресорів та апаратів для цілей освітлення дозволяється користуватися тільки переносними лампами напругою не вище 12 В або електричними ліхтарями. Користуватись для освітлення відкритим полум'ям заборонено.

На майданчику, де проводиться ремонт холодильного обладнання, має бути аптечка із засобами, необхідними для долікарської допомоги. У разі задухи хладоном постраждалий має бути переміщений на свіже повітря або в чисте тепле приміщення. Необхідно звільнити його від одягу, що заважає диханню, забруднений холодом одяг зняти, надати постраждалому спокій. Рекомендуємо у всіх випадках отруєння вдихати кисень протягом 30-45 хв, зігріти хворого (обкласти грілками) У разі глибокого сну та можливого зниження больової чутливості слід дотримуючись обережності, щоб не викликати опіків. Рекомендується пити міцний чай чи каву, вдихати з ватки нашатирний спирт.

Незалежно від стану потерпілого він має бути направлений до лікаря. У

разі явища задухи кашлю при транспортуванні хворий повинен лежати. За наявності явища подразнення слизової оболонки рекомендується полоскання носа та глотки 24%-им розчином соди.

При попаданні хладону в очі необхідно провести промивання очей струменем чистої води. Потім до приходу лікаря надіти темні окуляри. Не забинтовувати очі, не накладати на них пов'язок. При попаданні хладону на шкіру може бути обмороження. Слід занурити уражену поверхню в теплу соду (46-40 0С) на 5-10 хв або зробити загальну ванну у разі ураження великої поверхні тіла. Після цього слід на пошкоджену ділянку накласти пов'язку або змастити пошкоджену поверхню маззю. За відсутності мазі можна використовувати несолоне вершкове масло. У разі появи бульбашок у жодному разі їх не розкривати, а накласти пов'язку прямо на бульбашки.

Балони, наповнені хладоном, повинні мати вентиля, щільно вкручені в отвори горловини. Слід знати, що бічні штуцери вентилів для балонів, що наповнюються воднем та іншими горючими газами, повинні мати ліве різьблення, а бічні штуцери вентилів для балонів, що наповнюються киснем та іншими негорючими газами, повинні мати праве різьблення.

На верхній сферичній частині кожного балона повинні бути чітко вибиті таври в наступному порядку:

- товарний знак заводу-виготовлювача;
- номер балона;
- маса балона в кілограмах фактичного дня балонів малої місткості (до 12 л) – з точністю до 0,1 кг; для балонів середньої місткості (від 12 до 55 л) – з точністю до 0,2 кг; для балонів великої місткості (понад 55 л) – вибивається відповідно до ГОСТу чи ТУ на їх виготовлення;
- дата (місяць та рік) виготовлення (випробування) та рік наступного випробування;
- призначений робочий тиск Р, МПа, та пробний гідравлічний тиск Па, МПа;

- місткість балона в літрах і тавро ВТК заводу-виробника.

Балони з газом, що встановлюються у приміщеннях, повинні знаходитися від радіаторів опалення та інших опалювальних приладів на відстані не менше 1 м, від газових плит та подібних пристроїв – не менше 1.5 м та від печей та інших джерел тепла з відкритим вогнем – не менше 5 м. Наповнені балони з насадженими башмаками повинні зберігатися на складах у вертикальному положенні. Для запобігання падінню балони повинні встановлюватися у спеціально обладнаних гніздах, клітках або бути захищені бар'єром. Балони без башмаків можуть зберігатися у горизонтальному положенні на дерев'яних рамах або стелажах. При зберіганні балонів на відкритих майданчиках дозволяється також укладати балони з башмаками в штабелі з прокладками з мотузки, дерев'яних брусків або гуми між горизонтальними рядами балонів, що лежать. При цьому висота штабеля не повинна перевищувати 1,5 м, і всі вентиля повинні бути звернені в один бік.

Підлоги складів повинні бути рівними з неслизькою поверхнею, а температура у закритому приміщенні не повинна перевищувати +35 °С.

Також особливих запобіжних заходів слід дотримуватися при роботі з електричним обладнанням. При короткому замиканні та будь-яких цілях (вагон, цехове обладнання) потрібно знеструмити схему – вимкнути рубильник або перерубати струмопровідні дроти. Розривати дроти можна лише інструментом з ручкою з електроізоляційного матеріалу.

У разі ураження струмом необхідно негайно звільнити потерпілого від дії струму. Найнадійнішим засобом є швидке відключення частини установки, якої стосується постраждалий. При цьому необхідно пам'ятати, що якщо постраждалий перебуває на певній висоті, то після відключення монтажу він може впасти. Отже, потрібно вжити заходів, які забезпечують безпеку падіння потерпілого, інакше він може отримати додаткові травми.

Якщо відключення установки може бути зроблено досить швидко, необхідно відокремити постраждалого від струмовідних частин. Для цього,

якщо дозволяють умови, слід користуватися сухим одягом, палицею, канатом, дошкою, щоб перервати електроланцюг. Можна взятися і за одяг постраждалого, якщо він сухий і висить на ньому вільно, уникаючи при цьому дотику до навколишніх металевих предметів і частин тіла, не вкритих одягом.

Якщо ж необхідно торкнутися тіла потерпілого, то треба надіти гумові рукавички, підкласти гумовий килимок або накинути прогумований плащ, суху матерію. Можна також стати на суху дошку, сухий пакунок одягу тощо.

Заходи з надання першої допомоги у кожному окремому випадку залежить від стану, у якому перебуває постраждалий після звільнення його від струму. Якщо потерпілий у свідомості, але раніше перебував під напругою тривалий час або був непритомний, необхідно негайно доставити його до лікаря. Якщо він перебуває в несвідомому стані, потрібно зручно укласти його, розтебнути одяг, створити приплив свіжого повітря, давати нюхати нашатирний спирт, оббризкувати водою, розтирати та зігрівати тіло. Якщо потерпілий важко дихає – робити штучне дихання.

ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У сучасних умовах розвитку залізничного транспорту особливу увагу слід приділяти підвищенню комфортності пасажирських перевезень. У межах виконання роботи було проведено всебічне дослідження технічного стану та перспектив удосконалення систем кондиціонування повітря в пасажирських вагонах. Зокрема, у роботі було:

- проаналізовано конструкцію системи кондиціонування повітря пасажирських вагонів, які експлуатуються на залізницях України;
- досліджено недоліки діючих систем кондиціонування повітря;
- вивчено принципи роботи систем кондиціонування повітря з роздільним клімат контролем;
- виконано розрахунок системи кондиціонування повітря пасажирського вагона;
- розглянуто вимоги охорони праці при обслуговуванні установок кондиціонування повітря в пасажирських вагонах.

Отримані результати дозволяють зробити обґрунтовані висновки щодо необхідності впровадження більш енергоефективних, адаптивних та комфортних систем кліматичного забезпечення у вагонах залізничного транспорту.