

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра «Вагони та вагонне господарство»

САНІТАРНО-ТЕХНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ
ВАГОНІВ

Методичні вказівки до лабораторних занять
для студентів V курсу денної та безвідривної форм навчання
за ОПП «Вагони та вагонне господарство»
за спеціальністю 273 «Залізничний транспорт»

ЕЛЕКТРОННИЙ АНАЛОГ ДРУКОВАНОГО ВИДАННЯ

Дніпро – 2022

Укладачі:

канд. техн. наук, доц. *Шапошник Владислав Юрійович*
канд. техн. наук, доц. *Шикунів Олександр Анатолійович*
канд. техн. наук, доц. *Рейдемейстер Олексій Геннадійович*
доктор техн. наук, проф. *Мурадян Леонтій Абрамович*
канд. техн. наук, доц. *Пуларія Андрій Луарсабович*

Рецензенти:

головний конструктор пасажирських вагонів локомотивної тяги *Д. Локтіонов*
(ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод»)
канд. техн. наук, доц. *В. О. Перцевий* (ДНУЗТ)

Рекомендовано до друку МКФ ТІ (протокол № 534 від 26.01.2022).
та НМВ ДНУЗТ (підстава № 505 від 01.06.2021)

Санітарно-технічне обладнання пасажирських вагонів : методичні вказівки до лабораторних занять / уклад. В. Ю. Шапошник, О. А. Шикунів, О. Г. Рейдемейстер, Л. А. Мурадян, А. Л. Пуларія; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Дніпро : УДУНТ, 2022. – 46 с.

У методичних вказівках наведені загальні відомості про будову та роботу санітарнотехнічного обладнання пасажирських вагонів, методи та порядок випробувань систем вентиляції і опалення пасажирських та спеціальних вагонів, перелік випробувального обладнання і засобів вимірювальної техніки, що застосовуються при випробуваннях, формули та довідкові дані для обробки результатів вимірювань.

Методичні вказівки можна використовувати під час виконання лабораторних занять, курсового та дипломного проектування, а також підготовки до складання поточного та модульного контролю з дисципліни «Санітарно-технічне обладнання пасажирських вагонів» та «Санітарно-технічне обладнання спеціальних вагонів»

Іл. 24. Табл. 13. Бібліогр.: 4 назви.

© Шапошник В. Ю. та ін., укладання, 2022

© Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2022

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	4
Лабораторна робота №1. Побудова схеми розташування у вагоні санітарно-технічного обладнання і визначення його характеристик	5
Лабораторна робота №2. Визначення продуктивності вентиляційного агрегату пасажирського вагона.....	8
Лабораторна робота №3. Перевірка рівномірності розподілу повітря через вентиляційні випуски нагнітального повітропроводу	11
Лабораторна робота №4. Визначення аеродинамічного опору вентиляційної мережі	14
Лабораторна робота №5. Визначення основних характеристик вентиляторів під час сумісної роботи у мережі	19
Лабораторна робота №6. Аналіз теплового режиму роботи водяної опалювальної установки	21
Лабораторна робота №7. Визначення теплової потужності нагрівальних труб опалювальної гілки	25
Лабораторна робота №8. Визначення теплопродуктивності електричного калорифера вагонного кондиціонера.....	29
Лабораторна робота №9. Визначення залежності витрати води від висоти розміщення баку	33
Лабораторна робота №10. Визначення тиску який створюється вентиляційним агрегатом в повітропроводі.....	34
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	37
ДОДАТОК А. Розташування у вагоні санітарно-технічного обладнання.....	38
ДОДАТОК Б. Вимірювання тиску пневматичною трубкою в нагнітальному повітропроводі.....	45

ВСТУП

Санітарно-технічне обладнання пасажирських вагонів призначене для забезпечення нормальних санітарно-гігієнічних умов проїзду пасажирів і роботи поїзних бригад.

Метою виконання лабораторних робіт є отримання студентами знань з влаштування, порядку розрахунків, вибору та експлуатації санітарно-технічного обладнання пасажирських вагонів, а також засвоєння навичок проведення випробувань на відповідність вимогам нормативних документів. В методичних вказівках наведено скорочені, але такі, що відповідають основним вимогам діючих стандартів, методи і порядок випробувань систем вентиляції та опалення пасажирських вагонів. Тому мета лабораторних робіт полягає не тільки в закріпленні теоретичних знань, а також в засвоєнні навичок проведення випробувань систем вентиляції та опалення пасажирських вагонів.

Лабораторні заняття починаються з ознайомлення студентів з конструкцією та роботою лабораторного устаткування, технікою безпеки при поводженні з ним, пояснення параметрів вимірюваних в ході лабораторної роботи та отриманих в результаті обробки даних. Підготовка до лабораторних занять передбачає опрацювання теми майбутньої роботи, підготовку необхідних схем та таблиць. Кожна оформлена лабораторна робота повинна бути захищена студентом.

Методичні вказівки розраховані на проведення занять як в учбовій лабораторії університету, так і безпосередньо у вагонах, що розташовані на коліях підприємств пасажирської компанії АТ «Укрзалізниця». Перед початком лабораторного циклу викладач знайомить студентів з охороною праці в учбових лабораторіях університету, при проведенні занять на території пасажирських вагонних депо чи дільниць студенти повинні пройти інструктаж з охорони праці у відповідному підрозділі підприємства. Студенти, які не пройшли інструктаж, до лабораторних занять не допускаються.

Лабораторні роботи з дисципліни «Санітарно-технічне обладнання пасажирських вагонів» мають забезпечити наступні програмні результати навчання, зазначені в освітньо-професійній програмі: знати та застосовувати необхідні методи та засоби досліджень, розробляти та аналізувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі об'єктів дослідження, що стосуються створення, експлуатації та ремонту санітарно-технічного обладнання пасажирських вагонів, виконувати техніко-економічні розрахунки, порівняння та обґрунтування процесів проектування, конструювання, виробництва, ремонту реновації, експлуатації санітарно-технічного обладнання пасажирських вагонів, розраховувати характеристики санітарно-технічного обладнання пасажирських вагонів.

Лабораторна робота № 1

ПОБУДОВА СХЕМИ РОЗТАШУВАННЯ У ВАГОНІ САНІТАРНО-ТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ І ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО ХАРАКТЕРИСТИК

Мета роботи: ознайомлення з будовою і технічними параметрами систем вентиляції, опалення, водопостачання та санітарно-гігієнічних пристроїв пасажирських вагонів.

Лабораторне обладнання і технічні засоби: макет санітарно-технічного обладнання вагона, натурні агрегати і пристрої, плакати, мультимедійний проектор та комплект електронних носіїв з інформаційним матеріалом по конструкції основних систем життєзабезпечення пасажирських вагонів.

Основні теоретичні відомості про будову і основні характеристики санітарно-технічного обладнання вагонів

До санітарно-технічного обладнання пасажирських вагонів відносяться системи вентиляції, опалення, водопостачання і санітарно-гігієнічні пристрої туалетів. Схеми до роботи приведені в Додатку А.

Розрізняють два способи вентиляції пасажирського приміщення вагона: природний і механічний. При природній вентиляції для повітрообміну не вимагаються витрати енергії на привід яких-небудь вентиляційних пристроїв. При механічній – повітрообмін здійснюється за допомогою спеціальних механізмів, на привід яких необхідна постійна витрата електроенергії. Природна вентиляція здійснюється через відкриті вікна і двері вагона, дефлектори, що забезпечують відсмоктування відпрацьованого повітря з приміщення в атмосферу, в основному при русі вагона, коли дефлектор обдуває повітряний потік та за рахунок ефекту ежекції створює в порожнині ежектора розрідження.

Всі пасажирські вагони локомотивної тяги обладнані механічною припливно-витяжною вентиляцією. Зовнішнє повітря з двох боків вагона всмоктується вентиляційним агрегатом через забірні жалюзі над прорізами бічних дверей і фільтри, а потім через дифузор, водяний калорифер (повітронагрівач) і конфузор нагнітається в розташований під стелею повітропровід. Він прокладений уздовж вагона над службовим відділенням, купе відпочинку провідників і пасажирським салоном (пасажирськими відділеннями, купе). У вирізах нижнього листа повітропроводу встановлені роздавальні вентиляційні решітки, які також називаються вентиляційними випусками, повітророзподільниками. Через них вентиляційне повітря потрапляє в службове і пасажирські приміщення, звідки через решітки в нижній частині дверей виходить в коридори і далі через решітки в дверях туалетів потрапляє в ці приміщення. В даху над туалетами встановлені дефлектори, через які забруднене повітря

видаляється з вагона. Частка припливного вентиляційного повітря, що потрапило в службове відділення, проходить через жалюзійну решітку знизу електричної розподільчої шафи, охолоджує її та видаляється зовні через встановлений в даху над шафою дефлектор. У вагонах з установками кондиціонування передбачено також охолодження припливного повітря в повітроохолоджувачі і нагрів, крім водяного, в електричному калорифері. Сучасні автономні моноблочні дахові кондиціонери, у яких в одному блоці розміщені повітряні фільтри, вентилятори припливного повітря, холодильна машина з повітроохолоджувачем і калорифери (повітронагрівачі), інтегровані в систему вентиляції вагона. Суттєва особливість вентиляційних систем вагонів з кондиціонуванням полягає в тому, що з метою зниження необхідної холодо- і теплопродуктивності кондиціонера частка відпрацьованого, але ще холодного чи теплого вентиляційного повітря (воно називається рециркуляційним), не видаляється, а змішується зі свіжим зовнішнім і знову потрапляє в приміщення вагона. Максимальна продуктивність вентиляційних агрегатів вентиляційних систем вагонів складає зазвичай від 4000 до 5500 м³/год; повний тиск вагонних вентиляторів досягає 600 Па; рівномірність розподілу об'ємної подачі повітря по пасажирським відділенням знаходиться в межах 10...20 %; коефіцієнт очищення вагонних повітряних фільтрів не менше ніж 95 %, що забезпечує запиленість припливного повітря не більш ніж 0,5 мг/м³.

Для обігріву пасажирських вагонів локомотивної тяги використовується водяне опалення. Вода гріється у водяному опалювальному котлі, встановленому з робочого боку вагона, нагрів здійснюється за рахунок спалення вугілля чи вмикання трубчастих електронагрівачів – ТЕНів, які вмонтовані у водяну сорочку котла і живляться від високовольтної підвагонної магістралі номінальною напругою 3000 В. З котла гаряча вода по двом контурам опалення потрапляє у верхні розвідні труби і прямує в протилежний бік вагона, там по стоякам в туалеті та малому коридорі опускається і по нагрівальним трубам, прокладеним уздовж бічних стін біля плінтусу, повертається до котла. Частка води з котла потрапляє в калорифер для нагрівання вентиляційного повітря, а також в бойлер для підігріву води в системі водопостачання. Основний режим роботи системи опалення – природна циркуляція води за рахунок статичного напору, який утворюється в системі внаслідок різниці густини води, що остигає в розвідних трубах і стояках, та гарячій в котлі. Циркуляційний насос вмикають для посилення циркуляції при досить низьких температурах зовнішнього повітря.

Теплотехнічні характеристики водяної опалювальної установки наступні: загальна потужність високовольтних ТЕНів котла 48 кВт, теплопродуктивність котла при роботі на вугіллі досягає 36 кВт; теплова потужність труб обох контурів опалення дорівнює приблизно 22...23 кВт, максимальна теплопродуктивність водяних калориферів різної конструкції знаходиться в межах 20...28 кВт, нагрів води в бойлері забезпечується до температури 70...75 °С. Температура на поверхні опалювальних приладів не повинна перевищувати

80 °C, а на поверхні захисних кожухів 60 °C.

Усі пасажирські вагони далекого сполучення і міжобласні вагони обладнані системою водопостачання холодною, питною і гарячою водою. Вона складається з резервуарів (баків) для запасу холодної води, кип'ятильника, водоохолоджувача, бойлера, розподільчих трубопроводів і водорозбірних кранів. Нові вагони і ті, що пройшли капітально-відновлювальний ремонт, обладнані також установкою водяного пожежегасіння. Система водопостачання самопливна, за винятком подачі води з кип'ятильника до водоохолоджувача і установки пожежегасіння. Запас холодної води міститься в одному (частіше) чи двох розташованих поряд і з'єднаних між собою водяних баків загальною місткістю приблизно 1000 л, що встановлені за підшивною стелею над тамбуром, туалетом і малим коридором некотлової сторони вагона, та в малому баку ємністю приблизно 80 л над підшивною стелею котлової сторони. Поповнюють великий бак через водоналивні труби, які з обох сторін резервуару опускаються до низу уздовж бічних стін і виводяться під вагон чи в спеціальні ніші знизу бічних стін та закінчуються головками для підключення до стаціонарної водозаправочної колонки. З нього по розподільчим трубопроводам вода подається до кип'ятильника, бойлера, змішувачів умивальників в туалетах і мийки в службовому відділенні, унітазам та до малого баку. В кип'ятильнику приготується питна вода і треба звернути увагу, що конструкцією апарата передбачено витікання через відбірний кран тільки кип'яченої води. Більша частка кип'ятильників працює як на твердому паливі (деревне вугілля, брикети з тирси, тощо), так і за рахунок електроенергії, яку споживають встановлені в них електронагрівачі. В найбільш розповсюджених кип'ятильниках об'єм простору для збирання кип'яченої води складає 14...15 л, продуктивність по кип'яченій воді досягає 1,4 л/хв. при нагріві вугіллям і близько 0,18 л/хв при електронагріві. В вагонах експлуатаційного парку побудови Німеччини і Тверського вагонобудівного заводу встановлені водоохолоджувачі для охолодження гарячої кип'яченої води. Вони забезпечують зниження температури води від 60...70 °C до 12...15 °C і безперервне вживання охолодженої води 4...9 л/год. Гаряча вода приготується в бойлері, вона потрапляє туди з водяних баків і підігрівається гарячою котловою водою, яка циркулює через розміщений в корпусі бойлера змішувач, є бойлери з електронагрівом води. Розраховують бойлери на підігрів води приблизно до 75 °C при використанні гарячої води одним пасажиром близько 7 літрів за добу. Під бойлером розміщується плитка, яка призначена для забезпечення вагона гарячою водою влітку і може бути використана для приготування їжі.

Більша частина вагонів експлуатаційного парку обладнана туалетами з фановим відведенням фекальних вод. Це приводить до забруднення залізничної колії та створює значні незручності для пасажирів і поїзних бригад – на зупинках, шляху прямування в місцях розтушування санітарних зон і під час відстою в пунктах обороту поїздів коли туалети зачинені. Тому практично усі нові вагони і більша частина вагонів, які пройшли капітально-

відновлювальний ремонт, обладнані екологічно чистими туалетними комплексами (ЕЧТК). В них фекальні води з унітазу відводяться в підвагонні баки, які в подальшому спорожнюються за допомогою асенізаційних машини на станціях формування та станціях обслуговування ЕЧТК на шляху прямування. Процес змиву унітазу і транспортування фекалій в підвагонні баки автоматизований на базі мікропроцесору або пневмоавтоматики.

Побутове обладнання службових приміщень для обслуговуючих бригад рефрижераторного рухомого складу оснащене, в принципі, такими ж санітарно-технічними пристроями, як і пасажирські вагони. Основні відмінності полягають в наступному: як правило, вентиляція приміщень для обслуговуючих бригад природна, отже і відсутній калорифер; якщо кондиціонер і встановлюється, то звичайний побутовий; режим роботи туалету тільки фановий.

Порядок проведення роботи

Порядок проведення роботи:

- ознайомитись з розташуванням систем вентиляції, опалення, водопостачання і санітарно-гігієнічних пристроїв у вагоні та будовою їх основних елементів;
- скласти схему розташування основних елементів санітарно-технічного обладнання у вагоні;
- навести основні характеристики систем вентиляції, опалення і водопостачання.

Контрольні запитання до роботи

1. Описати роботу системи припливно-витяжної вентиляції пасажирських вагонів локомотивної тяги.
2. Описати роботу природної вентиляції пасажирських вагонів.
3. Сформулювати переваги та недоліки природної вентиляції пасажирських вагонів.
4. Описати роботу системи водяного опалення пасажирських вагонів локомотивної тяги.
5. Вказати переваги та недоліки системи водяного опалення пасажирських вагонів локомотивної тяги.
6. Описати роботу системи водопостачання пасажирських вагонів локомотивної тяги.

Лабораторна робота № 2

ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВЕНТИЛЯЦІЙНОГО АГРЕГАТУ ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА

Мета роботи: опанування методики проведення аеродинамічних випробувань для визначення продуктивності вентиляційної системи пасажирського вагона.

Випробувальне обладнання: діючий натурний зразок вентиляційної системи пасажирського вагона з кондиціонуванням повітря.

Засоби вимірювальної техніки: багатофункціональний прилад testo 435-2 із зондом швидкості або анемометр чашковий типу МС-13, секундомір механічний або електронний.

Методи випробувань

Продуктивність встановленого на вагоні вентиляційного агрегату визначається по швидкості повітря у нагнітальному повітропроводі. При випробуваннях використовується інструментальний метод визначення продуктивності шляхом непрямих вимірювань. Він полягає в тому, що безпосередньо вимірюють швидкість повітря в повітропроводі та за отриманими даними, з урахуванням площі поперечного перерізу повітропроводу, розраховують продуктивність.

Проведення випробувань

Налаштувати багатофункціональний прилад testo 435-2 відповідно з інструкцією по експлуатації. Ознайомитися з інструкцією по експлуатації анемометра чашкового типу МС-13. Багатофункціональний прилад testo 435-2 та анемометр чашковий типу МС-13 представлені на рис. 2.1.



Рис. 2.1 – Засоби вимірювальної техніки

а – багатофункціональний вимірювальний прилад testo 435-2 з набором зондів;

б – анемометра чашковий типу МС-13

Швидкість повітря вимірюють приладом testo 435-2 чи анемометром типу МС-13 в перетині нагнітального повітропроводу між першим і другим повітророзподільниками, при цьому перший випуск щільно закривають. Якщо для вимірювань використовують анемометр при вимкненому лічильному механізмі приладу в таблицю 2.1 записують початкові показники лічильника по трьох шкалах циферблату. Після включення вентиляційного агрегату через щілину в нижньому листі в повітропровід вводять зонд приладу testo або анемометр з вимкненим лічильним механізмом і встановлюють їх вертикаль-

но у першій вимірювальній точці. Через 3...5 секунд вмикають прилад testo чи лічильник анемометру одночасно з секундоміром, через 10...15 секунд зонд testo або анемометр переміщують у наступну точку вимірювання і так далі. Час вимірювання в усіх точках повинен бути однаковим, після вимірювання в останній точці прилад і секундомір вимикають. При використанні анемометра припускається розташовувати прилад не в окремих точках, а протягом 50...100 секунд повільно та рівномірно пересувати його по перерізу повітропроводу згідно схеми. За цей час анемометр повинен переміститись в крайні положення три-чотири рази безперервно. Якщо використовувався прилад testo, значення швидкості повітря в повітропроводі зчитують безпосередньо з його дисплея і записують в передостанню графу таблиці 2.1. Коли вимірювання здійснювали анемометром, у відповідні графи таблиці 2.1 записують кінцеві показання по трьох шкалах циферблату, різницю кінцевих і початкових показань та час виміру. Вимірювання виконують не менше трьох разів, відхилення відліків по кожному виміру не повинні перевищувати 5% від їх середньоарифметичного значення.

Таблиця 2.1

Результати випробувань по визначенню продуктивності вентиляційного агрегату

№ виміру	Показання ане- мометру		Різниця відліків	Час переміщення анемометра по площі перерізу, с	Кількість поділок шкали за 1 с	Швидкість повітря, м/с	
	початко- ві	кінцеві				по окремому виміру	середня по трьох вимірах
1							
2							
3							

Примітка: При використанні приладу testo заповнюються тільки дві останні графи.

Обробка результатів вимірювань

Як вказано вище, прилад testo 435-2 дозволяє визначити швидкість повітря по кожному вимірюванню безпосередньо, без додаткової обробки. При використанні анемометра для визначення швидкості повітря різницю відліків по шкалах циферблату по кожному вимірюванню ділять на число секунд виміру (час експозиції) і за градуювальним графіком приладу визначають швидкість повітряного потоку. Розрахункове значення швидкості руху повітря в повітропроводі приймається як середньоарифметична величина за трьома вимірюваннями, вказані дані записують в останню графу таблиці 2.1.

Продуктивність вентиляційної системи V , м³/год розраховують за формулою:

$$V=3600\sqrt{F\omega}, \quad (2.1)$$

де F – площа поперечного перерізу повітропроводу, м²;

ω – середня швидкість руху повітря по перерізу повітропроводу, м/с.

Величина F приймається по довідкових даних на систему вентиляції чи вимірюється.

Порядок проведення роботи

Порядок проведення роботи:

- скласти принципову схему натурального зразка вентиляційної системи з позначенням вимірювального перерізу і точок вимірювання;
- виміряти швидкість повітря в нагнітальному повітропроводі та розрахувати продуктивність вентиляційного агрегату;
- зробити висновок щодо відповідності отриманого значення продуктивності паспортній характеристиці вентиляційного агрегату.

Контрольні запитання до роботи

1. Описати метод визначення продуктивності вентиляційного агрегату пасажирського вагона.
2. Описати порядок проведення випробувань.
3. Навести формулу визначення продуктивності вентиляційної системи вагона.

Лабораторна робота № 3

ПЕРЕВІРКА РІВНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛУ ПОВІТРЯ ЧЕРЕЗ ВЕНТИЛЯЦІЙНІ ВИПУСКИ НАГНІТАЛЬНОГО ПОВІТРОПРОВОДУ

Мета роботи: опанування методики проведення аеродинамічних випробувань вентиляційної системи для визначення рівномірності розподілу вентиляційного повітря по приміщенням пасажирського вагона.

Випробувальне обладнання: діючий натурний зразок вентиляційної системи пасажирського вагона з кондиціонуванням повітря, насадок для виміру роздачі повітря через вентиляційні випуски.

Засоби вимірювальної техніки: анемометр крильчастий типу АСО-3, секундомір механічний або електронний.

Методи випробувань

Рівномірність розподілу вентиляційного повітря по приміщенням вагона оцінюється співвідношенням кількості притокового повітря між повітророзподільниками, через які воно подається в приміщення. При випробуваннях використовується інструментальний метод визначення якості повітророзподілу шляхом непрямих вимірів. Він полягає в тому, що безпосередньо визна-

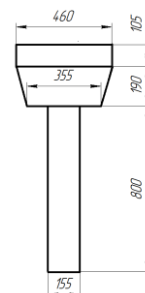
чають кількість відліків по шкалам анемометру, введеного в повітряний потік на виході з кожного повітророзподільника, а потім зрівнюють отримані значення.

Проведення випробувань

Ознайомитися з інструкцією по експлуатації анемометра крильчастого типу АСО-3 який представлений на рис.3.1 а.



а)



б)

Рис. 3.1 – Анемометр крильчастий та насадок
а – анемометр крильчастий типу АСО-3; б – насадок

Після увімкнення вентиляційного агрегату під першим випуском повітропроводу встановлюють та щільно притискують до нього спеціальний насадок. Насадок (рис. 3.1 б) виготовляється з фанери у вигляді короба, що звужується, розміри більшої рамки відповідають лінійним розмірам випуску повітропроводу, нижня рамка відповідає розмірам крильчатки анемометра. При вимкненому лічильному механізмі анемометра в таблицю 3.1 записують початкові показники лічильника по трьох шкалах циферблату і розміщують прилад у вихідному перетині насадку крильчаткою назустріч повітряному потоку і віссю крильчатки уздовж потоку.

Таблиця 3.1

Показники анемометра і співвідношення об'ємних витрат повітря через вентиляційні випуски нагнітального повітропроводу

№ випуску	Показання анемометру		Різниця відліків, b_i		Середнє значення, B	Відхилення від середнього значення, δ , %
	початкові	кінцеві	окремого виміру	середня для випуску		
1						
2						
3						

Одночасно вмикають механізм анемометру і секундомір, через 30 с механізм анемометру і секундомір вимикають, записують кінцеві показники лічильника і різницю між ними та початковими показниками. Роблять ще одне вимірювання, відхилення результатів по кожному виміру не повинні перевищувати 5% від їх середньоарифметичного значення. Аналогічні вимірювання здійснюють під іншими випусками повітропроводу.

Обробка результатів вимірювань

На підставі середніх значень різниці числа відліків b_i для кожного випуску розраховують середньоарифметичну величину різниці числа відліків B по всіх повітророзподільниках n повітропроводу:

$$B = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n b_i \quad (3.1)$$

Рівномірність розподілу оцінюється по відхиленню δ (%) середніх значень відліків b_i по окремим повітророзподільникам від їх середньоарифметичного значення відносно всіх випусків повітропроводу, яке знаходять за формулою:

$$\delta = \frac{b_i - B}{B} \cdot 100 \quad (3.2)$$

Отримані дані записують в останній стовбець таблиці 3.1.

Згідно вимог технічної документації на систему вентиляції пасажирських вагонів розподіл повітря вважають задовільним, якщо відхилення результатів вимірювань по окремим випускам від середньоарифметичного значення не перевищує $\pm 10\%$.

Порядок проведення роботи

Порядок проведення роботи:

- ознайомитись з устроєм нагнітального повітропроводу і конструкцією повітророзподільних пристроїв;
- скласти принципову схему вимірювань;
- провести вимірювання та розрахувати відхилення різниці відліків по окремим повітророзподільникам від середньоарифметичного значення;
- зробити висновок щодо відповідності розподілу повітря вимогам нормативної документації на систему вентиляції;
- за потреби відрегулювати повітророзподільні пристрої та повторити дослід.

Контрольні запитання до роботи

1. Описати метод перевірки рівномірності розподілу повітря через вентиляційні випуски нагнітального повітропроводу.
2. Описати методику обробки результатів вимірювань при перевірці рівномірності розподілу повітря через вентиляційні випуски нагнітального пові-

тропроводу.

3. Описати устрій нагнітального повітропроводу і конструкцією повітро-розподільних пристроїв вагонів.

Лабораторна робота № 4

ВИЗНАЧЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНОГО ОПОРУ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ

Мета роботи: ознайомлення з фізичними основами первинних перетворювачів тиску рідинного класу і засвоєння методики застосування чашкового перетворювача з нахиленою трубкою при проведенні аеродинамічних випробувань вентиляційної системи для визначення опору її окремих елементів чи ділянок.

Випробувальне обладнання: діючий натурний зразок вентиляційної системи пасажирського вагона з кондиціонуванням повітря.

Засоби вимірювальної техніки: мікроманометр багатодіапазонний з нахиленою трубкою ММН-2400, приймач тиску комбінований.

Методи випробувань

Для визначення аеродинамічного опору системи вентиляції, її окремих ділянок чи елементів використовується, як правило, інструментальний метод непрямих вимірів. Він полягає в тому, що безпосередньо вимірюють повні тиски перед і після елементу чи ділянки повітропроводу, а опір розраховується як їх різниця. Якщо окремі елементи розташовані близько один до одного, вимірюють їх загальний опір. Інструментальний метод прямих вимірів стосується елементів вентиляційної мережі, які з одного боку сполучаються безпосередньо з атмосферою. До них відносяться зовнішні жалюзійні решітки, їх аеродинамічний опір дорівнює повному тиску повітряного потоку, вимірюваному за решіткою.

Фізичні основа первинних перетворювачів тиску рідинного класу, будова і методика застосування чашкового перетворювача з нахиленою трубкою для виміру тисків повітря

Такі прилади відносяться до силових перетворювачів, дія яких заснована на вимірюванні сили, що пропорційна тиску чи різниці тисків. При цьому, сила тиску порівнюється гідростатичним стовпом рідини, а тиск перетворюється у зміну рівня рідини. Найбільш простими є двохтрубні (U-подібні) перетворювачі (рис. 4.1).

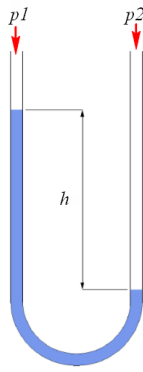


Рис. 4.1 – Двохтрубні (U-подібні) перетворювачі тиску рідинного класу

В них тиски p_1 і p_2 підводяться до обох відчинених кінців, різниця цих тисків перетворюється в різницю h рівнів рідини в трубках.

Функція перетворювача має вигляд:

$$h = \Delta p / g(\rho_c - \rho_{\Pi}), \quad (4.1)$$

- де h – різниця рівнів рідини в трубках, м;
 Δp – різниця підведених тисків p_1 та p_2 (рис. 4.1), Па;
 g – прискорення вільного падіння, м/с²;
 ρ_c, ρ_{Π} – густина відповідно робочої рідини в трубках і середовища над робочою рідиною, кг/м³;

Тому що $\rho_c \gg \rho_{\Pi}$, що має місце при вимірюваннях тисків повітря, формула (4.1) приймає вид:

$$h = \frac{\Delta p}{g\rho_c}, \quad (4.2)$$

Мікроманометр ММН-2400, принципова схема якого наведена на рис. 4.2, на відміну від двотрубного перетворювача має резервуар, що сполучається з нахиленою скляною вимірювальною трубкою. В резервуар в якості робочої рідини заливається спирт з густиною 0,8095 г/см³, щоб краще бачити меніск у вимірювальній трубці, спирт підфарбовують червоним фарбником.

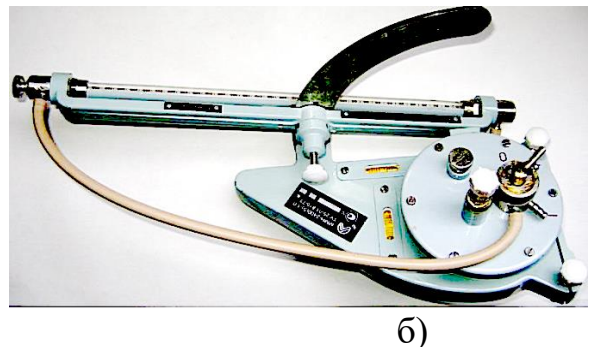
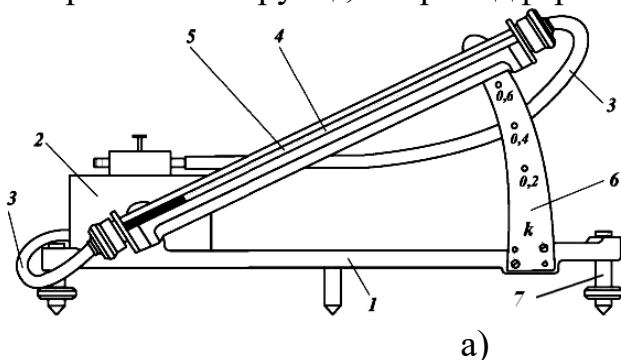


Рис. 4.2 – Схема мікроманометра

- a – схема приладу; $б$ – загальний вигляд приладу; 1 – корпус; 2 – циліндричний резервуар; 3 – гумова трубка; 4 – скляна трубка довжиною 200...300 мм; 5 – шкала із ціною поділки 1 мм; 6 – пристрій для фіксації кута нахилу трубки; 7 – регулювальні ніжки.

Внаслідок значної різниці перерізів резервуару та трубки зміни рівня спирту в резервуарі незначні і відлік різниці рівнів при вимірюванні тисків здійснюється тільки по трубці. Крім того, так як трубка нахилена, довжина стовпа спирту в ній вища, ніж його висота. Таким чином така конструкція спрощує вимірювання і підвищує точність відліків.

Розглянемо фізичні основи вимірювання тисків перетворювачем з резервуаром і нахиленою вимірювальною трубкою.

При тисках $p_1 = p_2$ рівні спирту в резервуарі та у вимірювальній трубці однакові. Якщо надлишковий тиск p_1 підвести до резервуару, то фактична висота Δh стовпа спирту буде складати:

$$\Delta h = h_T + h_p, \quad (4.3)$$

де h_T – висота гідростатичного стовпа в трубці, яка відраховується від нульової позначки, мм;

h_p – зниження рівня спирту в резервуарі, мм.

$$h_T = l \sin \alpha, \quad (4.4)$$

l – довжина стовпа спирту у вимірювальній трубці, мм;

α – кут нахилу трубки, градуси.

Значення h_p знайдемо з умови рівності об'єму спирту, що був витиснений з резервуару, і об'єму спирту, який потрапив у трубку:

$$(\pi d_p^2/4)h_p = (\pi d_T^2/4)l,$$

звідки

$$h_p = l(d_T^2/d_p^2). \quad (4.5)$$

Підставивши значення h_T і h_p в (4.3) отримаємо:

$$\Delta h = l(\sin \alpha + d_T^2/d_p^2). \quad (4.6)$$

Величину в дужках виразу (4.6) називають постійна перетворювача. По ній, виходячи з довжини шкали на скляній вимірювальній трубці, визначають верхню межу вимірювань і ціну найменшої поділки шкали для відповідних значень кутів α . В мікроманометрі ММН-2400 позначки К, що відповідають постійній величині приладу для п'яти фіксованих положень нахиленої трубки, нанесені на дузі пристрою для фіксації кута нахилу трубки, а в керівництві по експлуатації наведені необхідні дані (табл. 4.1) для розрахунків.

Дані для визначення встановлення куту нахилу кронштейну з вимірювальною трубкою та величин поділок шкали мікроманометру

Величина К	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8
Верхня межа вимірювань, Па	600	900	1200	1800	2400
Ціна найменшої поділки шкали, Па	2	3	4	6	8

Проведення випробувань

Ознайомитися з інструкцією по експлуатації мікроманометра. Перед початком вимірювань необхідно ретельно підготувати мікроманометр до випробувань в такий послідовності:

- встановити прилад на рівній, горизонтальній стійкій поверхні;
- відрегулювати регулюючими ніжками горизонтальне положення мікроманометру так, щоб в обох циліндрових ампулах контролю поздовжнього і поперечного рівнів бульбашки розміщувалися у центрі ампул;
- пробку трьохходового крану, що з'єднує між собою за різними схемами резервуар, скляну вимірювальну трубку і зовнішнє повітря, повернути проти годинної стрілки до упору;
- виходячи з очікуваного значення тиску, користуючись таблицею 4.1, встановити кронштейн з вимірювальною трубкою на необхідний нахил, який визначається вказаній на дузі приладу величиною К, якщо цей тиск невідомий, починати з $K = 0,8$ з послідовним корегуванням нахилу;
- регулятором нульового положення меніску встановити меніск спирту в вимірювальній трубці навпроти нульової позначки шкали;
- гумовою трубкою з'єднати комбінований приймач тиску зі штуцером трьохходового крану мікроманометру по схемі вимірювання повного тиску.

Вимірювання тисків провести спочатку перед відповідним елементом чи ділянкою, а потім після них. Для цього приймач тиску розмістити в мірному перерізі назустріч потоку повітря, увімкнути кондиціонер в режимі „Вентиляція”, пробку трьохходового крану мікроманометру повернути за годинною стрілкою до упору. Розташовуючи почергово приймач тиску в точках вимірювання, провести відліки довжини стовпа спирту у вимірювальній трубці з точністю 1/4 поділки шкали. Кількість і координати точок вимірювання встановлюється в залежності від форми і розмірів мірних перетинів.

Перед початком другого циклу вимірювань проконтролювати нуль приладу, встановивши трьохходовий кран в положення контролю, а також положення приладу по рівнях. При необхідності провести відповідні регулювання.

Результати вимірювань записати у перші п'ять граф таблиці 4.2:

Аеродинамічні опори елементів та ділянок системи вентиляції

Елемент або ділянка вимірю- вання	Розташування приймача тис- ку відносно елемента або ділянки	Постійна приладу K	Ціна поді- лки, n Па/мм	Відлік по шкалі при- ладу L , мм	Повний тиск, P , Па	Опір ΔP , Па
	перед у точках					
	1					
	2					
	.					
	після у точках					
	1					
	2					
.						

Обробка результатів вимірювань

Величину повного тиску P , Па, перед чи після елемента вентиляційної системи або ділянки повітропроводу розраховують за виразом:

$$P = Ln, \quad (4.7)$$

де L — відлік по шкалі мікроманометра, мм;
 n — ціна найменшої поділки шкали, Па/мм.

Опір елемента або ділянки системи вентиляції ΔP , Па, визначається як різниця повних тисків перед і після них.

Порядок проведення роботи

Порядок проведення роботи:

- ознайомитися з фізичними основами первинних перетворювачів тиску рідинного класу, будовою і методикою застосування чашкового перетворювача з нахиленою трубкою для виміру тисків повітря;
- скласти схему розташування елементів або ділянок вентиляційної системи, опір яких вимірюється, навести вимірювальні перерізи з позначенням точок вимірювання тисків;
- провести вимірювання тисків та рахувати значення опорів;
- порівняти отримані результати з наведеними в технічній документації або підручниках даними по аеродинамічному опору елементів вентиляційної мережі пасажирських вагонів.

Контрольні запитання до роботи

1. Описати метод визначення аеродинамічного опору вентиляційної мережі.
2. Описати методику обробки результатів вимірювань аеродинамічного опору вентиляційної мережі.

3. Описати конструкцію та принцип дії первинних перетворювачів тиску рідинного класу.

Лабораторна робота № 5

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕНТИЛЯТОРІВ ПІД ЧАС СУМІСНОЇ РОБОТИ У МЕРЕЖІ

Мета роботи: засвоєння методики проведення аеродинамічних випробувань вентиляційної системи для визначення тиску та продуктивності двох паралельно поєднаних вентиляторів.

Випробувальне обладнання: діючий натурний зразок вентиляційної системи пасажирського вагона з кондиціонуванням повітря.

Засоби вимірювальної техніки: мікроманометр багатодіапазонний з нахиленою трубкою ММН-2400, приймач тиску комбінований.

Методи випробувань

Найбільш важливими параметрами вентилятора є його продуктивність V і тиск P , по залежності між ними – характеристики тиску P - V , підбирають вентилятори. При роботі в мережі тиск і продуктивність вентиляторів визначаються інструментальними методами прямих і непрямих вимірів, які полягають в наступному. Безпосередньо вимірюють повні і статичні тиски повітря, по них визначають динамічний тиск, на підставі якого розраховується швидкість повітря в повітропроводі та продуктивність вентиляторів. Динамічний тиск також може бути визначений шляхом прямих вимірів.

Проведення випробувань

Ознайомитися з інструкцією по експлуатації мікроманометра.

- підготувати мікроманометр для вимірювань згідно вказівок наведених в попередній лабораторній роботі;

- гумовою трубкою з'єднати комбінований приймач тиску зі штуцером трьохходового крану мікроманометру по схемі вимірювання повного тиску (Додаток Б);

- розмістити в центрі зони вимірювання комбінований приймач тиску назустріч потоку повітря;

- увімкнути кондиціонер в режимі „Вентиляція”, провести відліки довжини стовпа спирту у вимірювальній трубці з точністю 1/4 поділки шкали при роботі одного і двох вентиляторів;

- вимкнути кондиціонер, з'єднати комбінований приймач тиску зі штуцером трьохходового крану мікроманометру по схемі вимірювання статичного тиску (Додаток Б);

- розмістити в центрі зони вимірювання комбінований приймач тиску на-

зустріч потоку повітря;

– проконтролювати нуль і положення приладу по рівнях, при необхідності провести відповідні регулювання;

– увімкнути кондиціонер в режимі „Вентиляція”, провести відліки довжини стовпа спирту у вимірювальній трубці з точністю 1/4 поділки шкали при роботі одного і двох вентиляторів.

Результати вимірювань записати у відповідні стовпчики таблиці 5.1:

Таблиця 5.1

Результати випробувань по визначенню тисків і продуктивностей вентиляторів

Номери працюючих вентиляторів	Ціна поді- лки прила- ду, Па/мм	Відліки по шкалі мікроманометру і розраховані тиски вентиляторів					ω , м/с	F , м ²	V, м ³ /год.
		повний		статичний		дина- мічний P_d ,Па			
		L , мм	$P_{п}$,Па	L , мм	$P_{ст}$,Па				
1									
2									
1 та 2									

Обробка результатів вимірювань

Повний P_n , Па, і статичний $P_{ст}$, Па, тиски вентиляторів визначаються за виразом (4.7) попередньої лабораторної роботи.

Динамічний тиск вентиляторів P_d , Па, визначається як різниця повного та статичного тисків, тобто

$$P_d = P_n - P_{ст}. \quad (5.1)$$

Швидкість повітря ω , м/с, в повітропроводі визначається за формулою

$$\omega = (2P_d / \rho_n)^{0,5}, \quad (5.2)$$

де ρ_n – густина повітря, кг/м³.

При розрахунках вентиляційних систем можна приймати $\rho_n = 1,2$ кг/м³.

Продуктивність вентиляторів V , м³/год., розраховують за формулою (2.1) лабораторної роботи №2.

Результати розрахунків записати у відповідні стовпчики графі таблиці 5.1.

Порядок проведення роботи

Порядок проведення роботи:

– скласти схему з'єднання вентиляторів з позначенням точок вимірювання тисків;

– провести вимірювання повного та статичного тисків при роботі кожного вентилятора окремо і двох сумісно працюючих вентиляторів;

- визначити динамічні тиски, розрахувати швидкості повітря в мережі та продуктивності вентиляторів;
- нанести на сітку в координатах P-V положення робочих точок вентиляторів;
- зробити висновок щодо значень продуктивностей та тисків вентиляторів при окремій і сумісній роботі.

Контрольні запитання до роботи

1. Описати метод визначення основних характеристик вентиляторів під час сумісної роботи у мережі аеродинамічного опору вентиляційної мережі.
2. Описати методику обробки результатів вимірювань основних характеристик вентиляторів під час сумісної роботи у мережі
3. Описати порядок вимірювання повного і статичного тисків повітря вентиляційної системи вагона мікроманометром ММН-2400.

Лабораторна робота № 6

АНАЛІЗ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ РОБОТИ ВОДЯНОЇ ОПАЛЮВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Мета роботи: визначення температурних показників роботи водяної опалювальної установки і підготовка експериментальних даних для розрахунку теплотехнічних параметрів нагрівальних приладів системи опалення.

Випробувальне обладнання: натурна опалювальна установка пасажирського вагона.

Засоби вимірювальної техніки: штатні термометри для визначення температури води; лабораторні прилади та інструменти: термометр термoeлектричний цифровий ТТ-ЦО6-01 або ТК-5.05, або пірометр testo 830, штангенциркуль, рулетка вимірювальна.

Методи випробувань

Тепловий режим опалювальної установки залежить від температури повітря зовні вагона і визначається температурами води в котлі і опалювальних приладах – нагрівальних трубах, калорифері, бойлері. При аналізі використовується інструментальний метод визначення температур шляхом прямих вимірів. Він полягає в тому, що штатними термометрами безпосередньо вимірюють температуру води на виході з котла і в бойлері, а лабораторними приладами – температуру повітря зовні вагона, поверхні нагрівальних труб, патрубків на вході і виході води з калорифера. Крім того, штатним термометром і лабораторними приладами вимірюється температура повітря в приміщеннях вагона. Приклад розподілу нагрівальних труб коридорного боку вагона на ділянки і розташування місць вимірів температури наведений на рисунку 6.1.

При промислових випробуваннях, якщо температури поверхні труби на початку і кінці будь-якої ділянки відрізняються більше ніж на 7 °С, нагрівальні труби ділять на менші по довжині ділянки.

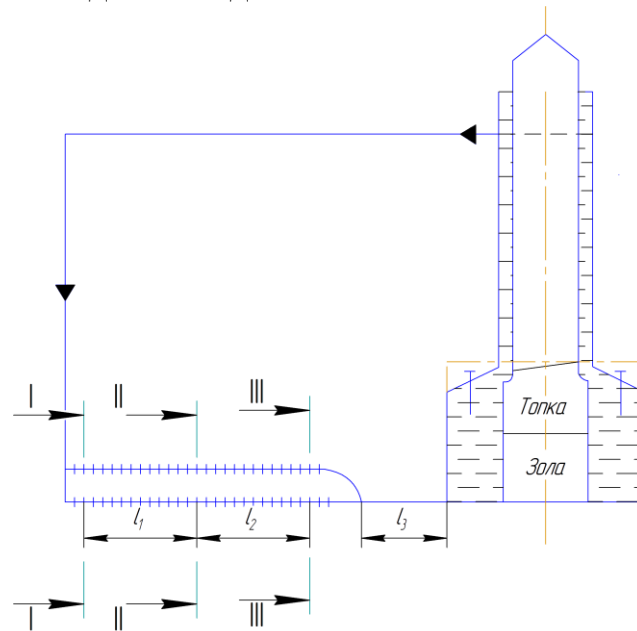


Рис.6.1 – Схема розподілу нагрівальних труб коридорного боку вагона на ділянки і розташування місць вимірів температури

Під час контрольних вимірювань опалювальна установка повинна функціонувати в нормальному режимі, який характеризується наступними показниками:

- температура повітря у вагоні не менш ніж 18 °С, верхня межа на рівні 22...23 °С;
- середня температура води на виході з котла складає 40...90 °С і в залежності від температури зовнішнього повітря визначається даними таблиці 6.1:

Таблиця 6.1

Приблизна залежність температури води на виході з котла t_k від температури зовнішнього повітря t_z

t_z , °С	t_k , °С	t_z , °С	t_k , °С	t_z , °С	t_k , °С	t_z , °С	t_k , °С
+10	40	0	50	– 10	70	– 20 та нижче	90
+5	40	– 5	60	– 15	80		

– при природній циркуляції середня температура води в нагрівальних оребрених трубах нижче, ніж температура води в котлі, приблизно на 15...20 °С, а в гладких трубах – на 8...12 °С;

– при включенні циркуляційного насоса перепад між температурами води в котлі та опалювальних приладах зменшується і складає в середньому для оребрених труб 5...7 °С, гладких – 2...3 °С;

– температура поверхні нагрівальних труб не вище ніж 80 °С;

- температура поверхні захисних кожухів не вище ніж 60 °С;
- у здвоєних нагрівальних трубах верхня труба прогрівається краще ніж нижня, тому що до неї затікає більша кількість води.

Застосування пірометра testo 830-T1

Пірометр – прилад для безконтактного вимірювання і контролю температури поверхонь різних об'єктів за їхнім тепловим випромінюванням. Принцип дії полягає у вимірюванні значення амплітуди електромагнітного випромінювання тіла. Тепловий промінь потрапляє на поверхню, відбивається та потрапляє на первинний перетворювач, на виході якого формується пропорційний температурі електричний сигнал.

Портативний пірометр testo 830 (рис. 6.2) забезпечує безконтактні вимірювання температури з частотою 2 вимірювання в секунду в діапазоні $-30...+400$ °С з чутливістю 0,5 °С. Прилад оснащений одним лазерним цілевказівником, який показує центр вимірюваної плями. Оптична частина приладу має коефіцієнт 10:1 і забезпечує комфортні вимірювання з відстаней до 5 м. Так, наприклад, на відстані 1 м діаметр вимірюваної плями становить 116 мм. Це означає, що прилад вимірює одне середнє значення, яке береться з площі, обмеженої колом 116 мм.



Рис. 6.2 – Пірометр testo 830

Пірометр testo 830-T1 має можливість зміни ступеня емісії, завдання граничних значень температури, при перевищенні яких лунає звуковий сигнал та з'являється відповідна індикація на дисплеї приладу.

На дисплей пірометра можна викликати мінімальне і максимальне значення з моменту увімкнення приладу, а також, зафіксувати миттєве значення.

У різних матеріалів різний коефіцієнт випромінювання, тобто різні матеріали випромінюють різний рівень електромагнітної радіації. За замовчуванням коефіцієнт випромінювання testo 830 складає 0,95 який підходить для вимірювання температури пластика, паперу, кераміки, алебастру, дерева, фарби та лаку. Для інших випадків коефіцієнт випромінювання матеріалу приймається із довідкової літератури та встановлюється на пірометрі. Для деяких матеріалів коефіцієнти випромінювання приведені в таблиці 6.2. Для

вимірювання блискучих матеріалів повинен використовуватися спеціальна самоклеюча стрічка із відомим коефіцієнтом випромінення або на ділянці зони вимірювання наноситься лак/фарба, в інших випадках застосовується контактні прилади вимірювання температури.

Таблиця 6.2

Таблиця коефіцієнтів випромінювання ε різних матеріалів

Матеріал (температура)	ε
Алюміній, світлий листовий (170 °C)	0,04
Бетон (25 °C)	0,93
Залізо, лите (100 °C)	0,80
Залізо, прокатане (20 °C)	0,77
Мідь, окислена (130 °C)	0,76
Латунь, окислена (200 °C)	0,61
Сталь, термооброблена (200 °C)	0,52
Сталь, окислена (200 °C)	0,79
Залізо, поліроване (20 °C)	0,24
Залізо не значно поржавлене (20 °C)	0,61
Залізо значно поржавлене (20 °C)	0,85

Порядок проведення роботи:

Ознайомитися з інструкцією по експлуатації пірометра testo 830-T1, термометрів термоелектричних цифрових ТТ-ЦО6-01 чи ТК-5.05, які представлені на рисунку 6.3.

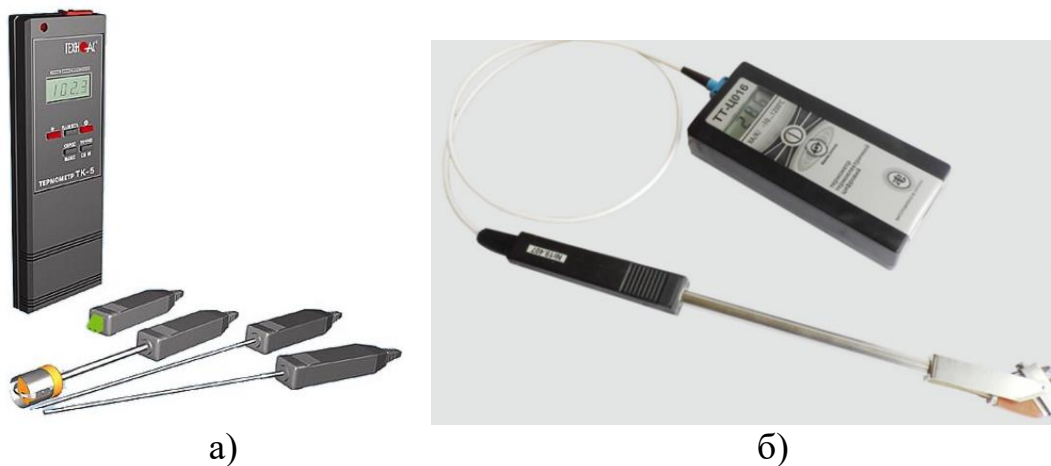


Рис. 6.3 – Термометри термоелектричні цифрові

Порядок проведення роботи:

- перевірити рівень води в системі опалення по контрольному крану, при необхідності підкачати воду до початку витікання її з переливної труби;
- нагрівальні труби контуру опалення коридорного боку вагона розподілити на дві ділянки згідно зі схемою (рис. 6.1): від стояка до кінця здвоєних труб і далі по одиночній трубі до кінця малого коридору;
- виміряти довжину та діаметр труб, розміри і шаг ребер;

- визначити температури води на виході з котла та поверхонь нагрівальних труб на вході в котел;
- виміряти температуру поверхні верхніх і нижніх труб на початку, в середині та в кінці ділянки здвоєних труб, а також температуру в центрі одиночної труби;
- виміряти температуру повітря зовні вагона та в приміщенні на висоті 100, 1200 і 1700 мм в зонах вимірювання температури труб;
- побудувати графіки зміни температури поверхні здвоєних нагрівальних труб в напрямку циркуляції води.

Результати вимірювань записати в таблицю 6.3.

За отриманими результатами встановити відповідність температурного режиму ознакам нормальної роботи опалювальної установки.

Таблиця 6.2

Розміри трубних ділянок і температурний режим під час випробувань

Нагрівальні труби	d_i , мм	l_i , м	Температура, °С						зовні вагона/води на виході з котла
			на поверхнях труб/кожухів по перерізах			повітря у вагоні по перерізах на висоті 100, 1200 і 1700 мм			
			I–I	II–II	III–III	I–I	II–II	III–III	
Верхня			/	/	/				/
Нижня			/	/	/				
Одиночна									

Контрольні запитання до роботи

1. Описати методику аналізу теплового режиму роботи водяної опалювальної установки.
2. Назвати основні показники опалювальної установка при її функціонуванні в нормальному режимі.
3. Описати порядок вимірювання температури безконтактним пірометром.

Лабораторна робота № 7

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНОСТІ НАГРІВАЛЬНИХ ТРУБ ОПАЛЮВАЛЬНОЇ ГІЛКИ

Мета роботи: розрахунок теплової потужності нагрівальних труб опалювальної установки на підставі експериментальних даних по температур-

ному режиму роботи системи водяного опалення і очікуваної при екстремально низьких зовнішніх температурах.

Випробувальне обладнання: натурна опалювальна установка пасажирського вагона.

Засоби вимірювальної техніки: штатні термометри для визначення температури води; лабораторні прилади та інструменти: термометр термoeлектричний цифровий ТТ-ЦО6-01 або ТК-5.05, або пірометр testo 830, штангенциркуль, рулетка вимірювальна.

Методи випробувань

Теплова потужність нагрівальних труб визначається за кількістю тепла, яке віддає їхня поверхня повітрю, що оточує труби. При випробуваннях використовується інструментальний метод визначення теплової потужності шляхом непрямих вимірів. Він полягає в тому, що безпосередньо вимірюють температуру поверхні труб і повітря поблизу них, а потім з урахуванням коефіцієнта теплопередачі труб і площі теплопередавальної поверхні розраховують їх теплову потужність. На підставі отриманого експериментально значення теплової потужності та температурного режиму роботи опалювальної установки під час випробувань розраховують очікувану теплову потужність нагрівальних труб при екстремально-низьких (розрахункових) зовнішніх температурах.

Теплова потужність нагрівальних труб $Q_{\text{тр}}$ (Вт) складається з потужностей окремих ділянок труб, в загальному випадку її розраховують по формулі:

$$Q_{\text{тр}} = \sum_{i=1}^n k_i \cdot F_i \cdot (t_{\text{в}i} - t_{\text{п}i}), \quad (7.1)$$

де $i=1, 2, 3, \dots, n$ – кількість трубних ділянок;

k_i – коефіцієнт теплопередачі труби i -ої ділянки, Вт/(м²·К);

F_i – площа теплопередавальної поверхні труби i -ої ділянки, м²;

$t_{\text{в}i}$ – середня температура води в трубі i -ої ділянки, °С;

$t_{\text{п}i}$ – температура повітря поблизу i -ої ділянки, °С.

Коефіцієнт теплопередачі нагрівальних труб систем водяного опалення пасажирських вагонів можна розраховувати за формулами:

- труба гладка, діаметр 76 мм верхня

$$k = 9,51 + 0,071 \cdot \Delta t \quad (7.2)$$

- труба гладка, діаметр 76 мм нижня

$$k = 6,88 + 0,062 \cdot \Delta t \quad (7.3)$$

- труба, діаметр 60 мм з діаметром ребер 110 мм

$$k=2,84 \cdot \Delta t^{0,2} \quad (7.4)$$

В цих формулах Δt – середній температурний напір (перепад температур) між водою в трубах і повітрям в вагоні. Для кожної i -ої трубної ділянки він визначається виразом у дужках формули (7.1):

$$\Delta t_i = t_{\text{в}i} - t_{\text{п}i} \quad (7.5)$$

Середня температура $t_{\text{в}i}$ води в трубі на i -й ділянці приймається як середньоарифметичне значення температур поверхні труб на початку та в кінці ділянки з додаванням поправки 3 °С. Температура $t_{\text{п}}$ і повітря поблизу i -ої ділянки визначається як середньоарифметична трьох значень температур повітря по висоті приміщення в зоні виміру температури поверхні труби.

Площу теплопередавальної поверхні на i -й ділянці розраховують по формулі:

$$F_i = f_{1\text{м}} \cdot l_i \quad (7.6)$$

де $f_{1\text{м}}$ – площа зовнішньої поверхні труби на довжині 1 метр, м²/м;

l_i – довжина труби i -ої ділянки, м.

Значення площі $f_{1\text{м}}$ розраховують виходячи з діаметра труби, геометричних розмірів і шагу ребер. У найбільш розповсюджених конвекторів систем опалення пасажирських вагонів вона складає:

- труба гладка діаметром 60 мм.....0,376 м²/м;
- труба гладка діаметром 76 мм.....0,477 м²/м;
- труба оребрена стальна діаметром 60 мм
з діаметром ребер 110 мм.....1,64 м²/м;
- труба оребрена біметалічна діаметром 60 мм
з діаметром ребер 110 мм.....1,88 м²/м.

Очікувану теплову потужність нагрівальних труб $Q_{\text{тр. оч}}$ при екстремально-низьких (розрахункових) зовнішніх температурах визначають виходячи з того, що теплова потужність нагрівальних труб гілок опалення пропорційна температурному напору Δt . Тому, виходячи з отриманого значення $Q_{\text{тр}}$ і співвідношення середнього температурного напору $\Delta t_{\text{вп}}$, що мав місце під час випробувань, та очікуваного $\Delta t_{\text{оч}}$ в екстремальних умовах, величину $Q_{\text{тр. оч}}$ можна розрахувати по формулі:

$$Q_{\text{тр. оч}} = \frac{Q_{\text{тр}}}{\Delta t_{\text{вп}} / \Delta t_{\text{оч}}} \quad (7.7)$$

де

$$\Delta t_{\text{вп}} = t_{\text{в. вп}} - t_{\text{п. вп}} \quad (7.8)$$

$$\Delta t_{\text{оч}} = t_{\text{в. оч}} - t_{\text{с. н}} \quad (7.9)$$

У виразі (7.8) $t_{\text{в.вп}}$ та $t_{\text{п.вп}}$ – середні температури води в трубах і повітря в

вагоні, що визначаються як відповідні середньоарифметичні значення виміряних температур під час випробувань. У виразі (7.9) $t_{в.оч}$ – середня температура води в трубах при найбільш припустимому значенні температури води на виході з котла, а $t_{с.н}$ – температура повітря в вагоні відповідно до санітарних норм.

Температуру $t_{в.оч}$ можна приблизно приймати як середньоарифметичне значення температур води t на межах ділянки визначеної довжини l по графікам (рис. 7.1). При цьому коефіцієнт оребрення k_p труб розраховується як відношення зовнішньої оребреної поверхні до площі гладкої труби з використанням наведених вище значень $f_{1м}$, а температуру $t_{п. оч}$ приймають рівною 20 ± 2 °С.

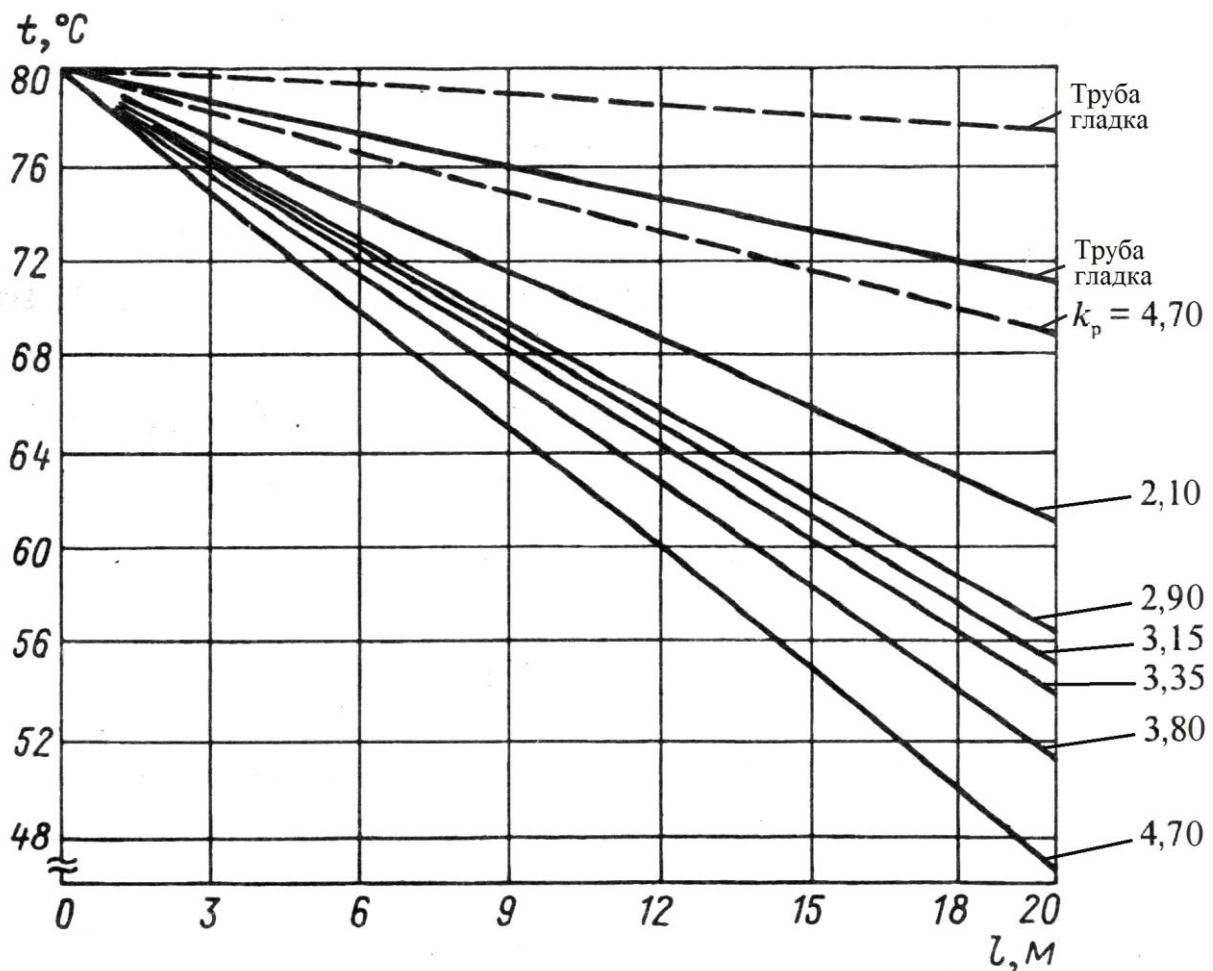


Рис. 7.1 – Графіки зміни температури води в опалювальних трубах в залежності від їх оребрення при природній циркуляції води.

Порядок проведення роботи

Порядок проведення роботи:

- отримати нові або використати данні з лабораторної роботи №6;
- виділити нагрівальні труби опалювальної гілки малого кільця коридорного боку вагона;
- зробити розрахункову схему, перенести на неї геометричні розміри тру-

бних ділянок та вказати значення температур води на межах ділянок та температури повітря поблизу них;

- розрахувати площу теплопередавальної поверхні, середню температуру води і коефіцієнт теплопередачі труб кожної ділянки;

- розрахувати теплову потужність нагрівальних труб в випробувальному режимі та очікувану при екстремально-низьких зовнішніх температурах.

Значення теплотехнічних характеристик нагрівальних труб опалювального кільця записати в таблицю 7.1:

Таблиця 7.1

Розміри і теплотехнічні характеристики нагрівальних труб опалювальної гілки малого кільця

Труби	Діля- нки	F, м ²	Температури, °C			κ, Вт/(м ² К)	Теплова потужність, Вт			
			t _в	t _п	Δt		ділянок	труб	загальна гілки t _з	
									виміряна	очікувана
Верхня	1									
	2									
Нижня	1									
	2									
Одинична	-						-			

За отриманими результатами зробити висновок щодо відповідальності очікуваної теплової потужності нагрівальних труб при екстремально-низьких зовнішніх температурах вимогам нормативної документації на систему опалення.

Контрольні запитання до роботи

1. Описати методику визначення теплової потужності нагрівальних труб опалювальної гілки.

2. Описати порядок проведення роботи з визначення теплової потужності нагрівальних труб опалювальної гілки.

3. Описати методику обробки результатів вимірювань теплової потужності нагрівальних труб опалювальної гілки.

Лабораторна робота № 8

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОПРОДУКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОГО КАЛОРИФЕРА ВАГОННОГО КОНДИЦІОНЕРА

Мета роботи: засвоєння методики проведення теплотехнічних випробувань системи опалення для визначення теплопродуктивності калорифера і можливості забезпечення заданої температури нагрітого повітря, яке пода-

ється в приміщення вагона.

Випробувальне обладнання: діючий натурний зразок блока обробки вентиляційного повітря пасажирського вагона з установкою кондиціонування, складовою частиною якого є електричний калорифер з шістьма трубчастими електричними нагрівачами (ТЕНами) номінальною потужністю 1 кВт при номінальній напрузі живлення 125 В кожний.

Засоби вимірювальної техніки: вольтметр і амперметр на передній панелі розподільчої шафи системи електропостачання; лабораторний вимірювальний комплекс – вимірювач багатоканальний УКТ - 38, термоперетворювачі опору типу НСХ 50 М, адаптер зв'язку з комп'ютером, ПК. Можливе використання багатофункціонального приладу testo 435-2, або термоелектричних цифрових термометрів ТТ-ЦО16-01 чи ТК-5.05.

Методи випробувань

У вагонах з кондиціонуванням нагрів вентиляційного повітря забезпечується в водяних та електричних калориферах (повітронагрівачах). Теплопродуктивність будь-якого калорифера визначається за кількістю тепла, що отримує повітря при русі через апарат. При випробуваннях використовується інструментальний метод визначення теплопродуктивності шляхом непрямих вимірів. Він полягає в тому, що безпосередньо вимірюють температуру повітряного потоку перед калорифером і після нього, та за методикою, наведеній в лабораторній роботі 2, визначають об'ємні витрати вентиляційного повітря через апарат. За отриманими даними розраховують теплопродуктивність.

Коли вентиляційний агрегат, повітроохолоджувач та калорифер кондиціонера розташовані близько один до одного, температуру повітряного потоку вимірюють по кінцях такого блоку обробки повітря. У цьому випадку отримане значення теплопродуктивності буде включати теплову потужність безпосередньо самого калорифера і теплоту, підведену до повітря у вентиляторі, а також втрати тепла привідним електродвигуном, якщо він встановлений у повітряному потоці.

Проведення випробувань

Ознайомитися з інструкцією по експлуатації багатоканального вимірювача УКТ–38. Перед вентиляторами та після калорифера на початку нагнітального повітропроводу закріплюють по два термоперетворювача. Для реєстрації температур термоперетворювачі підключають до багатоканального вимірювача УКТ–38, який через адаптер під'єднують до комп'ютера для безперервного контролю і запису температур.

Послідовність випробувань:

- перевірити функціонування лабораторного вимірювального комплексу, записати в таблицю 8.1 первинні дані по температурах в точках вимірювання $t_{вх}$ на вході та $t_{вих}$ на виході блока обробки повітря;

- увімкнути кондиціонер в режимі „Вентиляція”;
 - через 5...10 хвилин після пуску по штатних приладах на розподільчій шафі визначити напругу U і струм I в електричній мережі системи електропостачання та температуру повітря в точці вимірювання, результати записати в таблицю 8.2;
 - перевести кондиціонер в режим „Електричне опалення”;
 - протягом 20...25 хвилин з періодичністю 5...10 хвилин контролювати і записувати в таблицю 8.1 та 8.2 значення напруги, струму і температур повітряного потоку;
 - наприкінці випробувань вимкнути кондиціонер.
- Згідно санітарним правилам температура $t_{\text{пр}}$ підігрітого повітря, що подається у вагон, повинна знаходитися в межах 18...26 °С..

Таблиця 8.1

Результати випробувань по визначенню теплопродуктивності калорифера

№ виміру	Температура повітря, °С		Різниця температур, °С	Час, хв	Q_k , кВт
	$t_{\text{вх}}$	$t_{\text{вих}}$	$\Delta t = t_{\text{вих}} - t_{\text{вх}}$	τ	
1					
2					
3					
4					
5					

Таблиця 8.2

Результати випробувань по визначенню величину потужності споживаної приводним електродвигуном вентиляційного агрегату

№ виміру	U , В	I , А	U , В	I , А	$N_{\text{ед}}$, кВт
	Опалення		Вентиляція		
1					
2					
3					
4					
5					

Обробка результатів вимірювань

Теплопродуктивність калорифера Q_k (кВт) розраховують за формулою:

$$Q_k = c_{\text{п}} \cdot \rho_{\text{п}} \cdot V \cdot (t_{\text{вих}} - t_{\text{вх}}) / 3600, \quad (8.1)$$

- де $c_{\text{п}}$ — теплоємність повітря, кДж/(кг·К);
 $\rho_{\text{п}}$ — густина повітря перед калорифером, кг/м³;
 V — об'ємні витрати вентиляційного повітря через калорифер, м³/год;
 $t_{\text{вих}}$ та $t_{\text{вх}}$ — температура повітря після та перед калорифером, °С.

При розрахунку приймають $c_p=1000$ Дж/(кг·К), $\rho_p=1,2$ кг/м³; об'ємні витрати вентиляційного повітря V вимірюють чи беруть за даними лабораторної роботи 2.

Якщо термоперетворювачі були встановлені на вході решіток зовнішнього і рециркуляційного повітря, розраховане по формулі (8.1) значення теплопродуктивності Q_k зменшують на величину потужності $N_{ед}$ (кВт), споживаної приводним електродвигуном вентиляційного агрегату:

$$N_{ед}=U \cdot I \cdot 10^{-3}, \quad (8.2)$$

де U та I – відповідно напруга U (В) і струм I (А) системи електропостачання при роботі кондиціонера в режимі вентиляції.

Різниця цих величин потужності споживаної приводним електродвигуном вентиляційного агрегату при роботі в режимах опалення та вентиляції буде являти собою потужність електричного калорифера при конкретних значеннях напруги в мережі під час випробувань. Це дозволяє визначити коефіцієнт корисної дії електричного калорифера як відношення теплопродуктивності до потужності:

$$\eta_{ед}=\frac{Q_k}{N_{ед}}, \quad (8.3)$$

Порядок проведення роботи

Порядок проведення роботи:

- скласти схему розташування термоперетворювачів в системі подачі та обробки вентиляційного повітря;
- заміряти початкові температури та проконтролювати напругу і струм в системі електропостачання;
- увімкнути установку в режимі опалення на 20...30 хвилин;
- під час роботи обладнання з періодичністю 5...10 хвилин контролювати температуру повітряного потоку на вході та виході блока обробки вентиляційного повітря;
- наприкінці випробувань перевести установку в режим вентиляції, вимкнути і проконтролювати напругу і струм в системі електропостачання;
- за результатами вимірів розрахувати теплопродуктивність калорифера;
- за отриманими результатами зробити висновок щодо відповідності отриманого значення теплопродуктивності калорифера паспортної величині.

Контрольні запитання до роботи

1. Описати методику визначення теплопродуктивності електричного калорифера вагонного кондиціонера.
2. Описати порядок приведення роботи з визначення теплопродуктивності електричного калорифера вагонного кондиціонера.

3. Описати методику обробки результатів вимірювань з визначення теплопродуктивності електричного калорифера вагонного кондиціонера.

Лабораторна робота № 9

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ВИТРАТИ ВОДИ ВІД ВИСОТИ РОЗМІЩЕННЯ БАКУ

Мета роботи: визначення залежності витрати води від висоти розміщення баку.

Випробувальне обладнання: лабораторна установка, ємність для води визначеного об'єму.

Засоби вимірювальної техніки: секундомір механічний або електронний, рулетка вимірювальна

Методи випробувань

При випробуваннях з визначення витрат води в залежності від висоти розміщення баку використовується інструментальний метод визначення витрат води шляхом непрямих вимірів. Він полягає в тому, що безпосередньо визначають час заповнення водою ємності встановленого об'єму, а потім розраховують витрати води. При промислових випробуваннях використовуються прилади витратоміри.

Проведення випробувань

Після наповнення водою лабораторної установки по чергово відкривають один з трьох кранів для випуску води та фіксують секундоміром час наповнення водою ємності для води встановленого об'єму. За допомогою вимірювальної рулетки визначають висоту h_1 , h_2 та h_3 трубопроводів від баку до кранів. Результати дослідів заносять до таблиці 9.1.

Таблиця 9.1

Результати випробувань по визначенню визначення залежності витрати води від висоти розміщення баку

№ виміру	Висота розміщення бака h , м	Об'єм ємність для води, л	Час τ , с	Витрати води Q , с
1				
2				
3				

Обробка результатів вимірювань

За результатами виміру часу τ наповнення ємності встановленого об'єму V визначають витрати води Q за формулою:

$$Q = \frac{V}{\tau}, \quad (9.1)$$

Отримані дані записують в останній стовбець таблиці 9.1.

Порядок проведення роботи

Порядок проведення роботи:

- скласти принципову схему вимірювань;
- провести вимірювання та розрахувати витрати води;
- побудувати графік залежності витрат води від висоти розміщення баку;
- зробити висновок щодо залежності між витратами води та висотою розміщення баку.

Контрольні запитання до роботи

1. Описати порядок проведення випробувань з визначення залежності витрати води від висоти розміщення баку.
2. Описати методику обробки результатів вимірювань з визначення залежності витрати води від висоти розміщення баку.

Лабораторна робота № 10

ВИЗНАЧЕННЯ ТИСКУ, ЯКИЙ СТВОРЮЄТЬСЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНИМ АГРЕГАТОМ В ПОВІТРОПРОВОДІ

Мета роботи: визначення тиску який створюється вентиляційним агрегатом в повітропроводі при зміні площі випускного фланця повітропроводу.

Випробувальне обладнання: діючий натурний зразок вентиляційної системи пасажирського вагона з кондиціонуванням повітря.

Засоби вимірювальної техніки: мановакуумметр цифровий ММЦ-2000 з напорною трубкою.

Методи випробувань

При визначення тиску який створюється вентиляційним агрегатом в нагнітальному повітропроводі використовується інструментальний метод визначення тиску шляхом прямих вимірів. Він полягає в тому, що безпосередньо вимірюють повний, статичний та динамічний тиск повітря в повітропроводі. По величині динамічного тиску визначають швидкість руху повітря в повітропроводі, а з урахуванням площі повітропроводу розраховують витрати повітря.

Опис і застосування мановакуумметра цифрового ММЦ-2000

Мановакуумметр ММЦ-2000 призначений для вимірювання надлишкового тиску, розрідження й диференціального тиску газів, і застосовується при

екологічному контролі промислових викидів службами санітарних і екологічних лабораторій і службами екологічного контролю, при контролі вентиляції виробничих приміщень і при аеродинамічних дослідженнях та представлений на рисунку 10.1



Рис. 10.1 – Мановакуумметр ММЦ-2000

Конструктивно мановакуумметр складається з корпусу в якому встановлені два штуцери тиску, електронна плата та змінний елемент живлення.

Принцип дій мановакуумметра заснований на використанні тензоефекту у напівпровідниках. Вимірюваний тиск діє на чуттєвий елемент тензоперетворювача, який деформується під його тиском. Деформація чуттєвого елемента змінює опір тензорезисторів, розташованих на цьому елементі. Зміна опору, за допомогою електронного блоку, перетворюється в аналоговий сигнал постійного струму. Одночасно з цим перетворенням відбувається компенсація додаткової похибки, яка викликана впливом температури оточуючого повітря. Оцінка результатів вимірювань відображається на індикатори мановакуумметра.

Проведення випробувань

Ознайомитись з інструкцією по експлуатації приладу ММЦ-2000. Трубка Піто підключається до приладу ММЦ-2000 та вводиться у повітряний потік нагнітального повітропроводу вентиляційної установки. Змінюючи площу F випускного фланця повітропроводу (0,25; 0,5; 0,75 F) вимірюють тиск повітря в нагнітальному повітропроводі: повний, статичний та динамічний. По величині динамічного тиску визначають швидкість руху повітря в нагнітальному повітропроводі, а з урахуванням площі повітропроводу розраховують витрати повітря та будують графік залежності повного тиску від витрат повітря, тобто продуктивність вентиляційного агрегату. Результати дослідів заносять до таблиці 10.1.

Обробка результатів вимірювань

За результатами виміру динамічного тиску P_d , Па, визначають швидкість повітряного потоку, ω за формулою:

$$\omega = \sqrt{\frac{2P_d}{\rho}}, \quad (10.1)$$

де ρ – щільність повітря, $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$.

Продуктивність вентилятора, V визначають за формулою (2.1) лабораторної роботи №2.

Таблиця 10.1

Результати випробувань по визначенню тиску повітря, який створюється вентиляційним агрегатом в повітропроводі

Характеристика тиску	Ступінь відкриття випускного фланця нагнітального повітропроводу					
	0,25		0,5		0,75	
	см. вод. ст	Па	см. вод. ст	Па	см. вод. ст	Па
Повний P						
Статичний $P_{ст}$						
Динамічний P_d						
Швидкість повітряного потоку, ω , м/с						
Продуктивність вентилятора, V , м ³ /год						

Порядок проведення роботи

Порядок проведення роботи:

- скласти принципову схему вимірювань;
- провести вимірювання та розрахувати швидкість повітряного потоку та продуктивність вентилятора;
- побудувати графік залежності повного тиску від витрат повітря.

Контрольні запитання до роботи

1. Описати порядок проведення випробувань з визначення тиску, який створюється вентиляційним агрегатом в повітропроводі.
2. Описати методику обробки результатів вимірювань з визначення тиску, який створюється вентиляційним агрегатом в повітропроводі.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. СОУ МПП 45.060-262:2008 Вагони пасажирські. Система вентиляції. Методи випробувань. Київ: Міністерство промислової політики України, 2008. 17 с.
2. СТП 04 - 107:2021 Вагони пасажирські. Технічне обслуговування опалювальної установки. Затверджено та введено в дію: рішенням Правління протокол № Ц-56/81 від 15.07.2021
3. Збірник типових інструкцій, технічної літератури щодо технічного обслуговування пасажирських вагонів: навчальний посібник. Хмельницький: ПП Мельник А. А., 2003. 350 с.
4. Посібник для технічного навчання і самопідготовки працівників поїзних бригад і ПТО (пасажирське господарство). Хмельницький: ПП Мельник А. А., 2007. 569 с.

ДОДАТОК А

РОЗТАШУВАННЯ У ВАГОНІ САНІТАРНО-ТЕХНІЧНОГО

ОБЛАДНАННЯ

СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦІЇ ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА

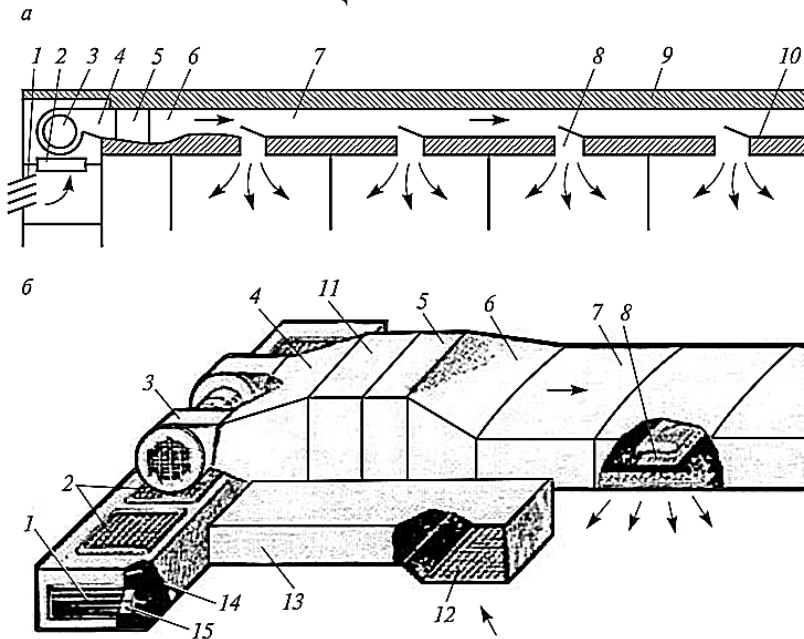


Рис. А.1 – Схеми механічної припливної вентиляції:

а – без рециркуляції повітря; *б* – з рециркуляцією повітря; 1 – ґрати забору зовнішнього повітря; 2 – масляні фільтри; 3 – вентиляційний агрегат; 4 – дифузор; 5 – калорифер; 6 – конфузор; 7 – нагнітальний повітропровід; 8 – випуски; 9 – дах; 10 – підшивна стеля; 11 – повітроохолоджувач; 12 – решітка відсмоктування рециркуляційного повітря; 13 – повертаючий повітропровід; 14 – камера змішування повітря; 15 – заслінка регулювання подачі зовнішнього повітря

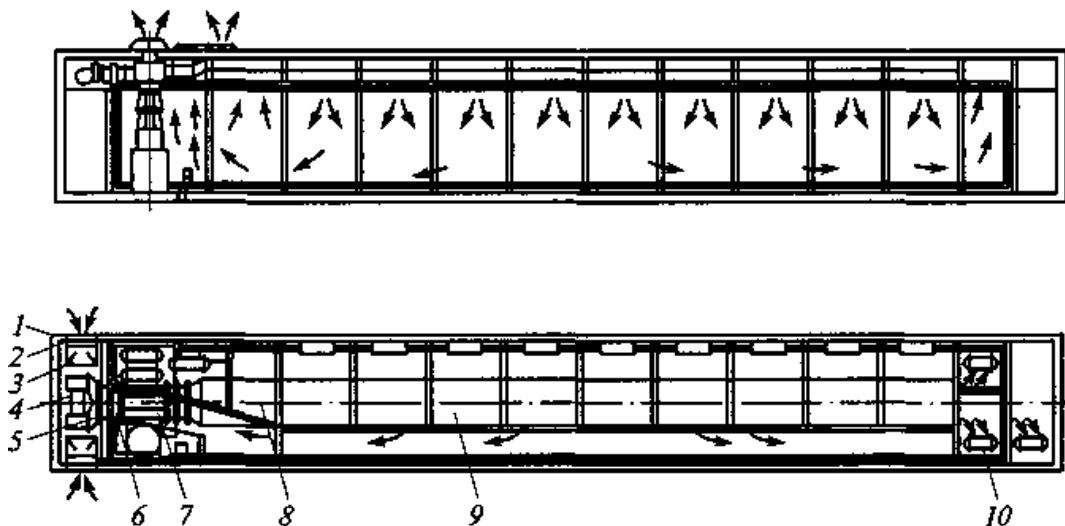


Рис. А.2 – Схема вентиляції вагона без кондиціонування повітря:

1 – забірні жалюзі; 2 – інерційний фільтр; 3 – сітчастий фільтр; 4 – вентилятор; 5 – дифузор; 6 – повітронагрівач; 7 – конфузор; 8 – протипожежна заслінка; 9 – повітропровід; 10 – вентиляційні решітки і дефлектори.

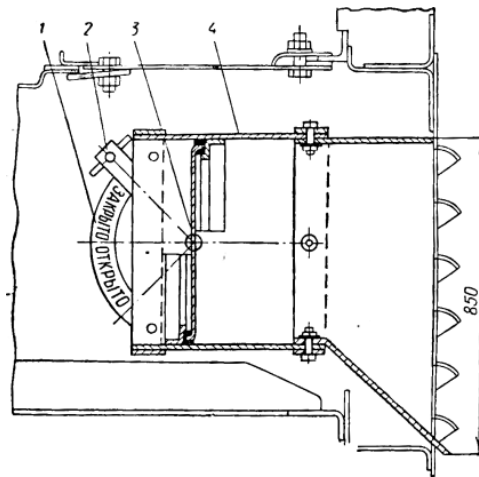


Рис. А.3 – Заслінка в каналі забору зовнішнього повітря:
1 – показчик положення заслінки; 2 – рукоятка; 3 – заслінка; 4 – корпус

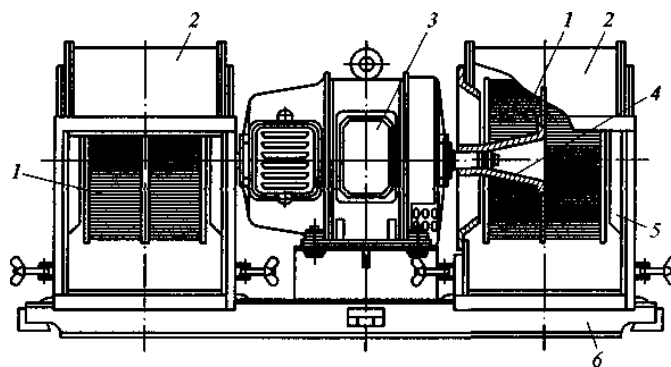


Рис. А.4 – Вентиляційний агрегат з електродвигуном:
1 – ротор; 2 – кожух вентилятора; 3 – електродвигун типу П-41; 4 – конусна маточина;
5 – конусний фланець; 6 – рама

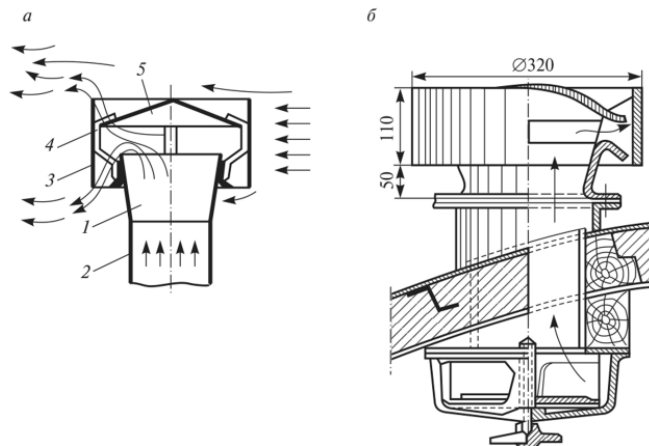


Рис. А.5 – Схема та принцип дії дефлекторів:
а – круглої форми; 1 – патрубок; 2 – дифузор; 3 – корпус дефлектора; 4 – лапки для кріплення ковпака; 5 – ковпак;
б – уніфікований дефлектор «ЦАГИ-ЦНИИ», встановлений на даху вагона

СИСТЕМА ОПАЛЕННЯ ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА

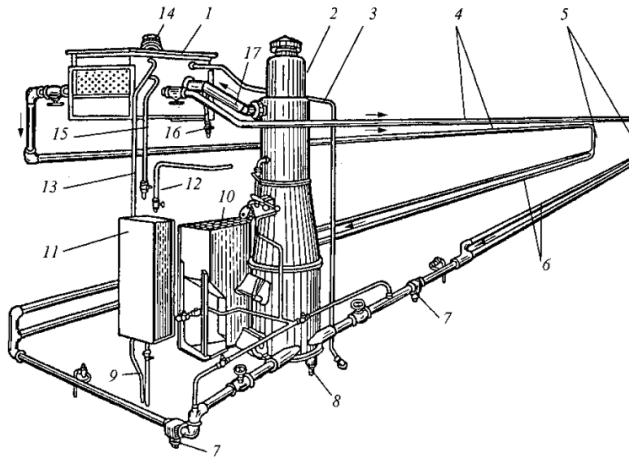


Рис. А.6 – Схема водяного опалення з верхнім розведенням труб пасажирських вагонів

1 – розширювач-калорифер; 2 – котел; 3 – наливна труба; 4 – верхні труби; 5 – стояки; 6 – нижні труби; 7 – грязьовик; 8 – пробка для спуску води; 9 – труба бака; 10 – вугільний ящик; 11 – водяний бак; 12 – труба від системи водопостачання; 13 – труба розширювача; 14 – наливна лійка; 15 – водопровідна труба; 16 – спускна труба розширювача; 17 – труба, що з'єднує котел з розширювачем.

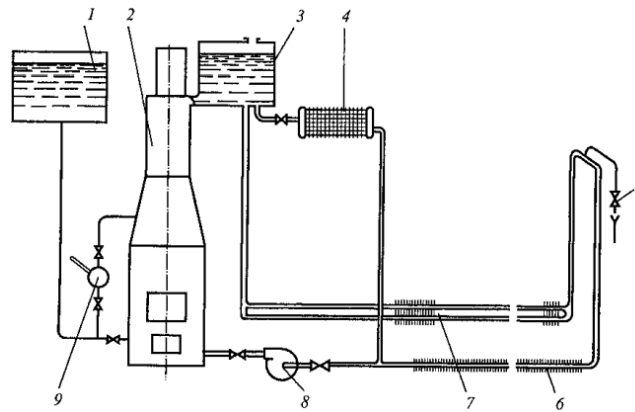


Рис. А.7 – Принципова схема водяного опалення з нижнім розведенням труб
1 – водяний бак; 2 – котел; 3 – розширювач; 4 – калорифер; 5 – повітряний кран; 6 – нагрівальні труби коридорного боку; 7 – нагрівальні труби купейного боку; 8 – циркуляційний насос; 9 – ручний насос.

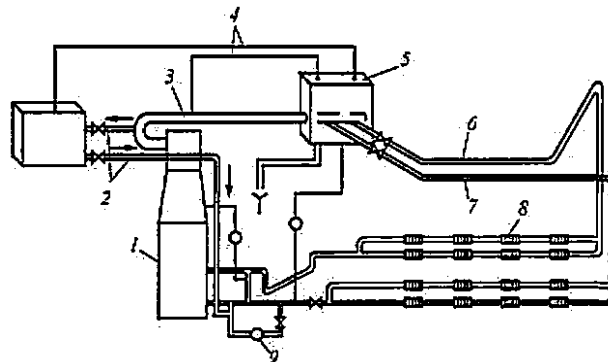


Рис. А.8 – Схема електровугільного опалення пасажирського вагона
1 – котел; 2 – опалювальна калориферна гілка; 3 – напірна труба котла; 4 – повітровідвідні труби; 5 – розширювач; 6, 7 – опалювальні гілки купейного і коридорного боків; 8 – нагрівальні труби; 9 – циркуляційний насос.

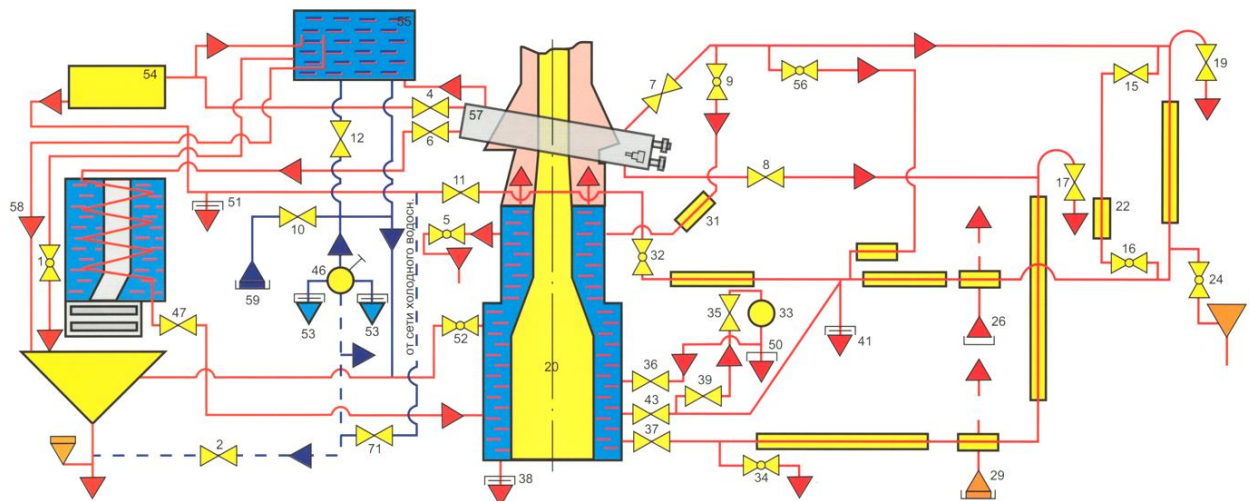


Рис. А.9 – Схема системи опалення пасажирських вагонів:

1 – кран перевірки рівня води в котлі; 2 – вентиль об'єднаного зливу; 4, 11 – вентилі відключення повітрянагрівача (калорифера); 5, 24 – крани підводки гарячої води до унітазів; 6, 47 – вентилі відключення бойлера; 7, 8 – вентилі відключення розвідних труб; 9, 15, 16, 32 – крани та вентилі підключення конвекторів; 10 – вентиль наливної труби; 12 – вентиль відключення розширювального бака від насоса; 22, 31 – конвектори в туалетах; 17, 19 – вентилі випуску повітря; 20 – котел; 26, 29 – водяні обігрівачі наливних труб; 33 – циркуляційний насос; 34 – кран зливу води із системи; 35, 36, 39 – вентиль відключення циркуляційного насоса; 37, 43 – вентиль відключення опалювальних труб; 38 – пробка зливу води з котла; 41 – пробка зливу води із системи; 46 – ручний насос; 50 – пробка зливу води з циркуляційного насоса; 51 – пробка зливу води з калорифера; 52 – кран неповного зливу води з котла; 53 – пробки зливу води з ручного насоса; 54 – калорифер; 55 – розширювальний бак; 56 – кран підключення додаткового конвектора; 57 – колектор; 58 – переливна труба; 59 – сполучна головка наливної труби; 71 – вентиль.

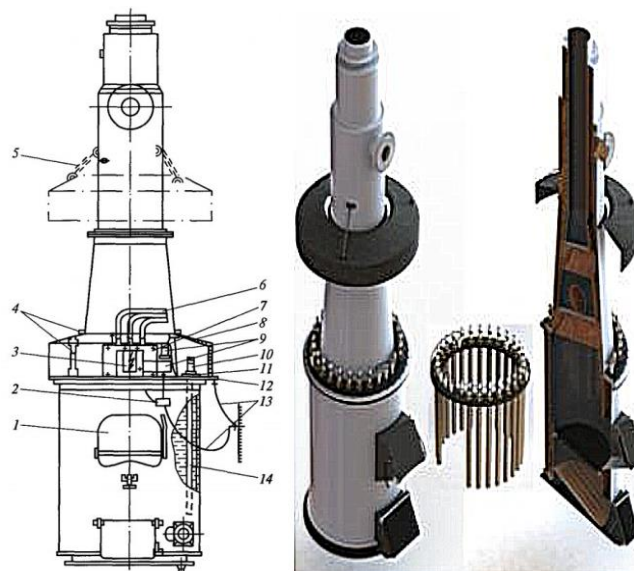


Рис. А.10 – Котел опалення купейного вагона:

1 – люк топки; 2 – приєднання захисного проводу; 3 – знак наявності високої напруги; 4 – анкерні болти; 5 – ланцюг для підвішування ковпака; 6 – високовольтні дроти; 7 – відкидна кришка захисного ковпака; 8 – захисний ковпак; 9 – вимикач з блокуванням; 10 – трубчастий нагрівальний елемент (ТЕН); 11 – ущільнення; 12 – фланцеве кільце; 13 – захисні дроти; 14 – водяна сорочка.

СИСТЕМА ВОДОПОСТАЧАННЯ

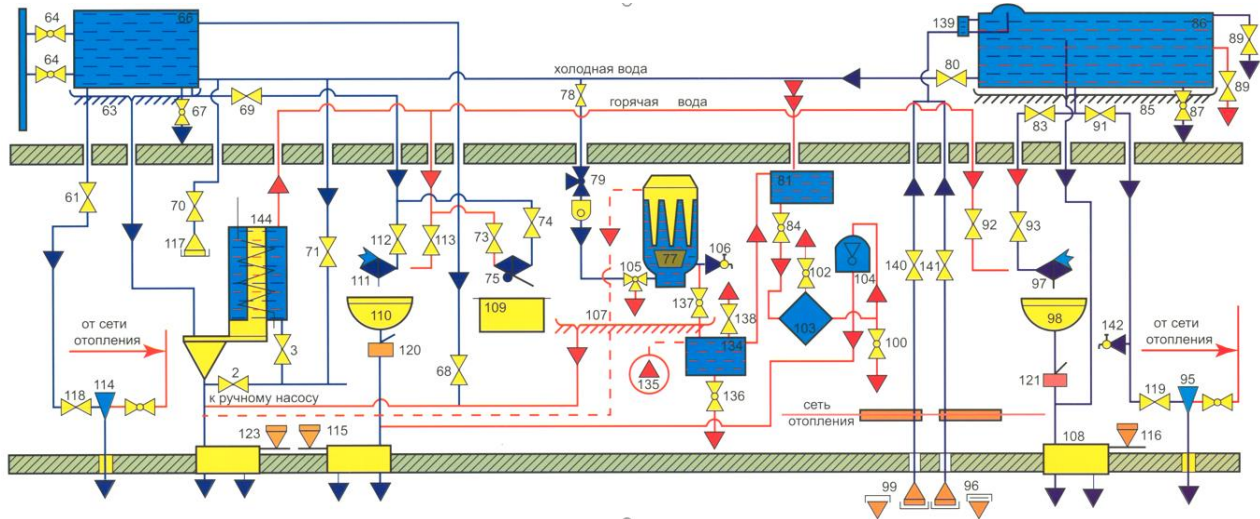


Рис. А.11 – Схема системи водопостачання пасажирських вагонів

2 – вентиль об'єднаного сливу; 3 – вентиль заповнення бойлера; 61, 91 – вентилі підключення холодної води до унітазів; 63, 85, 107 – піддони; 64 – крани водомірного скла; 66 – бак місткістю 80 л; 67, 87, 100, 105, 136 – крани сливу води; 68, 102, 138 – арматура випуску повітря; 69, 83 – вентилі підключення холодної води до умивальників; 70 – вентиль резервної наливний головки; 71 – вентиль відключення ручного насоса; 73, 92, 113 – вентилі гарячої води змішувачів; 74, 93, 112 – вентилі холодної води змішувачів; 75 – змішувач; 77 – кип'ятильник; 78, 79 – арматура підключення холодної води до кип'ятильника; 80 – вентиль відключення магістралі; 81, 134 – баки гарячої кип'яченої води; 84 – кран підключення кип'яченої води до водоохолоджувача; 86 – бак місткістю 850 л; 89 – водопробні крани; 95, 114 – унітази; 96, 99 – наливні головки з обігрівачами; 97, 111 – умивальні крани; 98, 110 – умивальні чаші; 103 – водоохолоджувач; 104, 106 – крани питної води; 108, 123 – водозливи з відігрівальною воронкою; 109 – мийка; 115, 116 – водяні відігрівачі зливних труб; 117 – резервна наливна головка; 118, 119 – промивні клапани унітазів; 120, 121 – водяні затвори; 135 – компресор; 137 – кран подачі води з кип'ятильника в проміжний бак; 140, 141 – зворотні клапани на наливних трубах; 142 – кран відбору води для побутових потреб і гасіння пожежі; 144 – бойлерна установка.

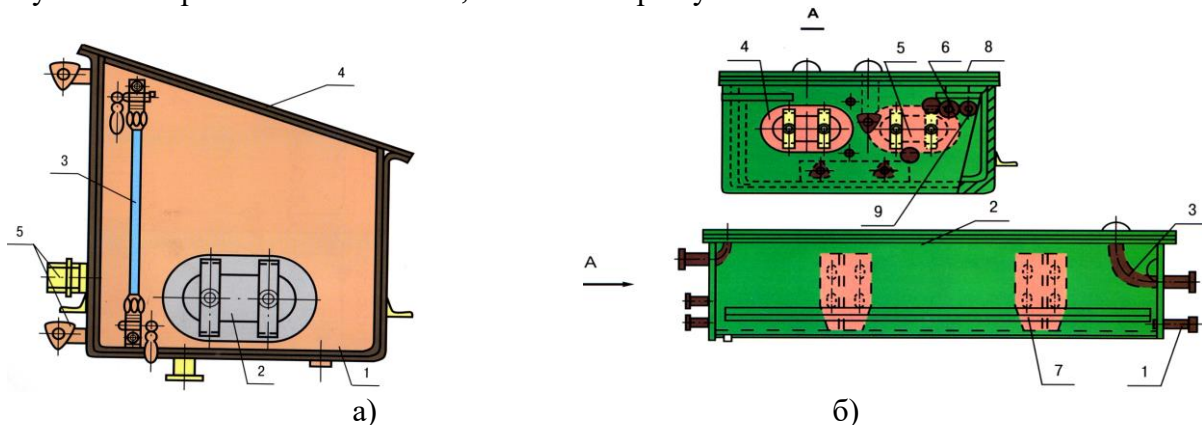


Рис. А.12 – Баки системи водопостачання пасажирських вагонів

а – бак об'ємом 80 л; 1 – корпус; 2 – люк для очистки бака; 3 – водомірне скло; 4 – кришка; 5 – патрубки;
б – бак об'ємом 850 л; 1 – труба для підключення магістрального повітропроводу; 2 – корпус; 3 – наливна труба; 4, 5 – люк; 6 – труба; 7 – перегородки (хвилерізи); 8 – кришка; 9 – повітровідводна труба.

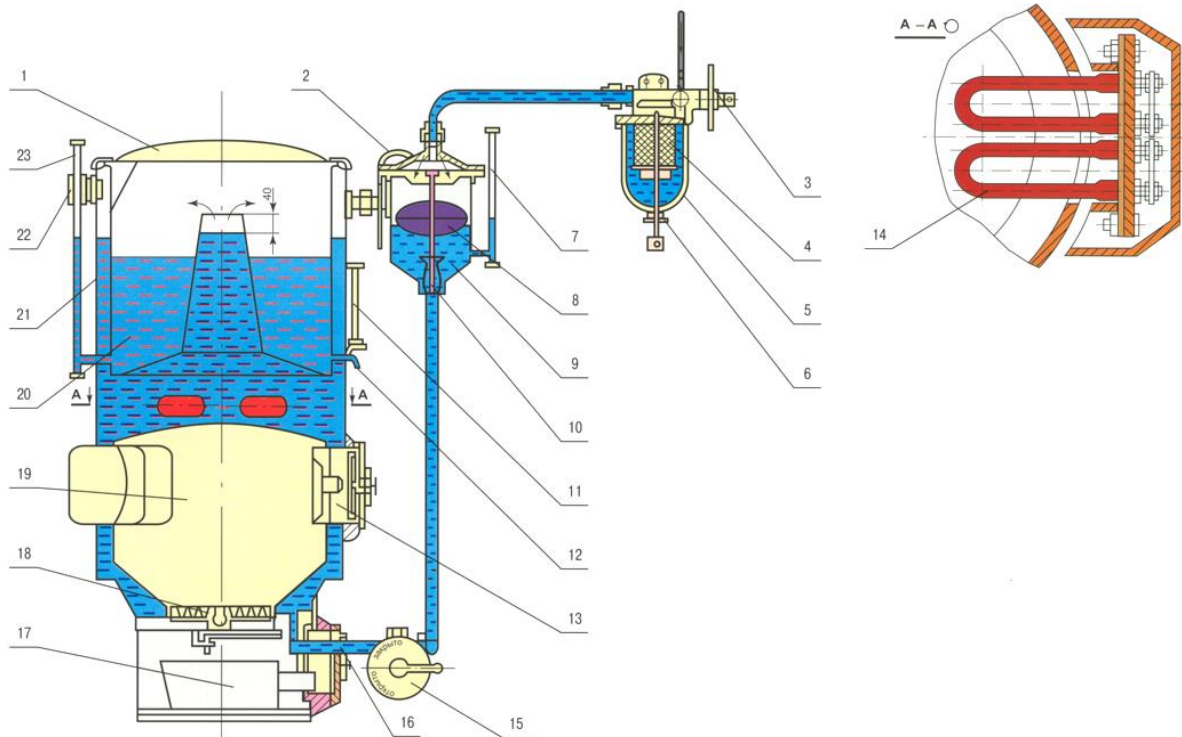


Рис. А.13 – Кипятильник комбінованої дії

1 – кришка; 2 – трубка для випуску повітря; 3 – кран; 4 – сітчастий фільтр; 5 – скляний стакан; 6 – скоба; 7 – показчик рівня води; 8 – поплавков; 9 – поплавкова камера; 10 – клапан; 11 – термометр; 12 – кран; 13 – люк; 14 – електронагрівальний елемент; 15 – спускний клапан; 16 – трубка; 17 – ящик для золи; 18 – колосник; 19 – топка; 20 – водосборник; 21 – корпус; 22 – кріплення; 23 – показчик рівня води.

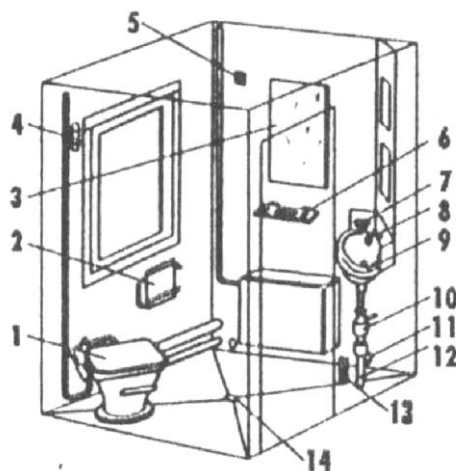


Рис. А.14 – Санвузол пасажирського вагона

1 – унітаз; 2 – ящик для паперу; 3 – дзеркало; 4 – озонатор; 5 – гачок; 6 – туалетна полочка; 7 – мильниця; 8 – умивальний кран; 9 – умивальна чаша; 10 – водяний затвор; 11 – воронка; 12 – зливна труба; 13 – глечик для йоржа; 14 – отвір для відводу води.

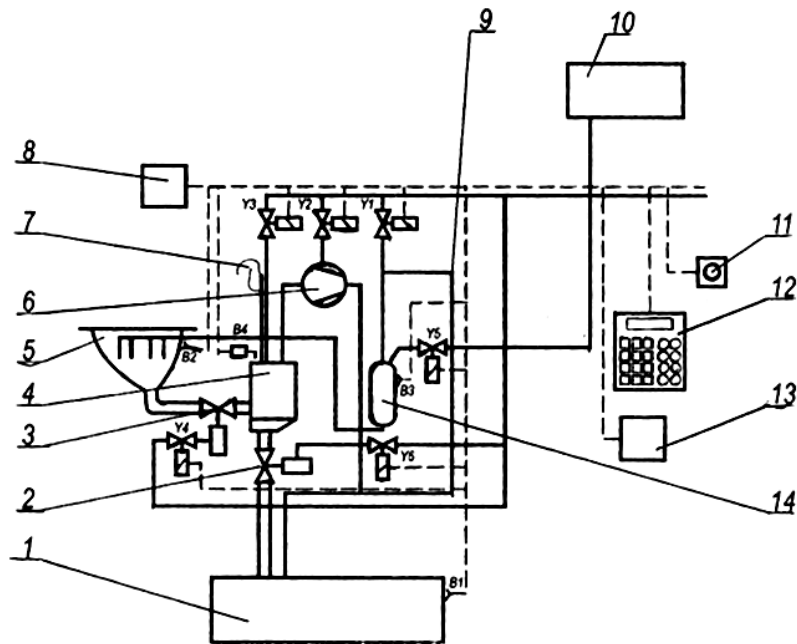


Рис. А.15 – Принципова схема екологічно чистої туалетної системи «Sanivac»

1 – резервуар стічних вод; 2 – випускний золотниковий клапан (випускна засувка); 3 – впускний золотниковий клапан (впускная засувка); 4 – проміжний резервуар; 5 – унітаз; 6 – вакуумний насос; 7 – запобіжний клапан надлишкового тиску, 8 – процесор управління; 9 – клапан швидкої продувки; 10 – резервуар з чистою водою; 11 – кнопка пуску; 12 – ручний (сервісний) термінал; 13 – приєднувальний бокс зворотного промивання; 14 – резервуар для змивання; В1 – датчик рівня в резервуарі стічних вод; В2 – датчик рівня в унітазі; В3 – датчик рівня резервуара для змивання; В4 – датчик тиску; магнітні клапани: Y1 – клапан змивання унітазу; Y2 – клапан тиску в проміжному резервуарі; Y3 – клапан вакууму в проміжному резервуарі; Y4 – клапан випускний; Y5 – клапан впускний; Y6 – клапан струмів води.

ДОДАТОК Б

ВИМІРЮВАННЯ ТИСКУ ПНЕВМАТИЧНОЮ ТРУБКОЮ В НАГНІТАЛЬНОМУ ПОВІТРОПРОВІДІ

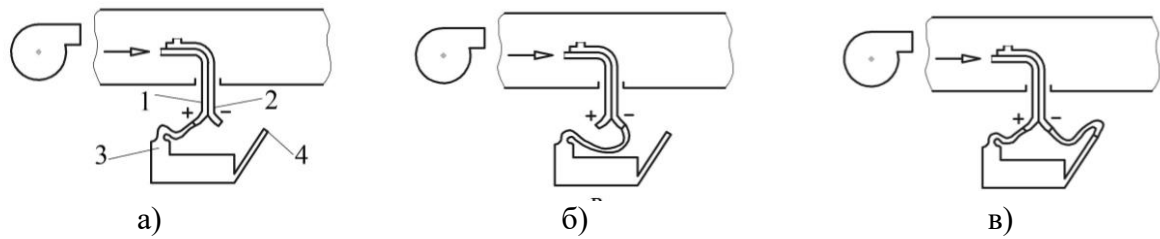


Рис. Б.1 – Вимірювання тиску пневматичною трубкою в нагнітальному повітропроводі:

a – при вимірюванні повного тиску; *б* – при вимірюванні статичного тиску; *в* – при вимірюванні динамічного тиску; 1 – трубка повного тиску; 2 – трубка статичного тиску; 3 – штуцер резервуара мікроманометра; 4 – штуцер трубки мікроманометра

Навчальне видання

Санітарно-технічне обладнання вагонів

Методичні вказівки для проведення лабораторних робіт

Редактор А. В. Безверхня
Комп'ютерна верстка В. В. Бердо

Підписано до друку 29.11.2022. Формат 60х84 ^{1/16}. Папір друк. Друк плоский.
Обл.-вид. арк. 2,70. Ум. друк. арк. 2,66.

Український державний університет науки і технологій
49010, м. Дніпро, вул. Лазаряна, 2

Редакційно-видавничий відділ УДУНТ

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи