Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

РОЗРОБКА АБСОРБЦІЙНО-ДИФУЗІЙНОГО ХОЛОДИЛЬНИКА З ДОДАТКОВИМИ ФУНКЦІЯМИ

Галузь знань 14 Електрична інженерія

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Шифр БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Виконав студент
3 курсу група ЕТс-21-1 _____ Підпис — Ригун Б.Л. Ініціали, прізвище

Керівник _____ Підпис, дата — Драпак Г.М, к.т.н, проф. Ініціали, прізвище

Нормоконтролер _____ Підпис, дата — С.З. Пуцяло Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри МАЕЕС _____ Підпис, дата — д.т.н., проф. Поліщук О.С. Ініціали, прізвище

17 06 2024 р.

Хмельницький 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем
Освітній рівень бакалавр
Галузь знань 14 Електрична інженерія
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма Електропобутова техніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС

_____

17. 06 .2024

З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Ригун Богдан Леонідович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи **Розробка абсорбційно-дифузійного холодильника з додатковими функціями**
Керівник роботи **Драпак Г.М., к.т.н, професор**

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 15 02 2024 р. № 8

2. Строк подання студентом роботи на кафедру МАЕЕС

3. Вихідні дані до роботи: **прототип абсорбційно-дифузійного холодильника, технологічні та технічні характеристики абсорбційно-дифузійного холодильника**

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1 Огляд літературних джерел по аналізу існуючих конструкцій та принципу дії холодильного обладнання
2 Розробка конструкції холодильного обладнання з додатковими функціями
3 Розрахунок теплових параметрів комбінованого абсорбційно-дифузійного холодильника з нагрівальною камерою

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)
Аркуш 1. Огляд літературних джерел по аналізу існуючих конструкцій холодильного обладнання абсорбційно-дифузійного типу. Документ оглядовий (А1). Аркуш 2,3. Конструкція холодильного обладнання абсорбційного типу з нагрівальною камерою. Вид загальний (А1). Аркуш 4. Вибір оптимальних геометричних параметрів теплових труб. Документ розрахунковий (А1). Аркуш 5. Теплова трубка. Документ ілюстраційний (А1). Аркуш 6. Теплова трубка . Вид загальний (А1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийн

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Приміт
1 Огляд літературних джерел по аналізу існуючих конструкцій та принципу дії холодильного обладнання	05.05.24р.	
2 Розробка конструкції холодильного обладнання з додатковими функціями	20.05.24р.	
3 Розрахунок теплових параметрів комбінованого абсорбційно-дифузійного холодильника з нагрівальною камерою	20.06.24р.	

Студент _____ Підпис _____ Ініціали, прізвище

Керівник роботи _____ Підпис _____ Ініціали, прізвище

А Н О Т А Ц І Я

до бакалаврської роботи студента
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

1. Прізвище, ім'я та по батькові Ригун Богдан Леонідович

2. Тема бакалаврської роботи Розробка абсорбційно-дифузійного холодильника з додатковими функціями

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання рецензента _____
_____

4. Об'єм бакалаврської роботи: креслень ___ арк., сторінок записки ___

5. Ця робота присвячена розробці абсорбційно-дифузійного холодильника з додатковими функціями.

У роботі описується розробка та реалізація конструкція даного абсорбційно-дифузійного холодильника з додатковими функціями

В розрахунково-пояснювальній записці наведено всі необхідні розробки, а також розділи, що відповідають встановленим вимогам.

У першому розділі було зроблено огляд та аналіз холодильного устаткування абсорбційно-дифузійного типу, з метою використання його як протопиту для створення холодильника з додатковими функціями. Зроблено опис та аналіз конструкцій трубок теплових для використання при розробці холодильника з додатковими функціями.

У другому розділі було проведено розробку елементів побутового холодильника, зокрема приведено розрахунок теплових труб для абсорбційно-дифузійного холодильника із тепловою камерою, визначено їх конструктивні розміри.

У третьому розділі здійснено розрахунок теплових параметрів абсорбційно-дифузійного холодильника із нагрівальною камерою, зокрема розрахунок теплонадходжень через циліндричну стінку ректифікатора-дефлегматора. Проведено розрахунок конструктивних параметрів проектованої нагрівальної камери, зокрема визначено її оптимальну товщину стінки залежно від споживаної енергії та вартості теплоізоляції.

Підпис студента _____

«11» 06 2024 р.

Р І Ш Е Н Н Я ЕК

Протокол №4 від «28» 06 2024 р.
Оцінка проекту ЕК добре /С
Рекомендації ЕК _____
_____
_____

Особливі відмітки _____
Технічний секретар _____
«28» 06 2024 р.

ЗМІСТ

Вступ 6

1 Огляд літературних джерел по аналізу існуючих конструкцій та принципу дії холодильного обладнання 7

1.1 Огляд існуючих абсорбційно-дифузійних холодильних установок 7

1.2 Аналіз конструкції комбінованого холодильника з нагрівальною камерою 19

1.3 Аналіз теплопередавального обладнання 25

2 Розробка конструкцій холодильного обладнання з додатковими функціями 33

2.1 Особливості технологічного процесу охолодження в абсорбційному холодильнику 33

2.2 Призначення абсорбційно-дифузійного холодильника з нагрівальною камерою 37

2.3 Розробка конструкцій елементів схеми побутового холодильника з додатковими нагрівальними камерами 40

2.4 Процес виробництва теплових трубок 50

3 Розрахунок теплових параметрів комбінованого абсорбційно-дифузійного холодильника з нагрівальною камерою 55

3.1 Розрахунок теплового потоку через циліндричну стінку дефляційного лічильника 55

3.2 Розробка нагрівальної камери 59

3.3 Розрахунок конструкційних параметрів нагрівальної камери 64

Висновки 70

Перелік джерел посилань 71

Додатки 73

Вступ

Одним з перспективних напрямків розвитку сучасної побутової техніки є розробка побутових приладів, що поєднують в собі функції охолодження і термічної обробки продуктів харчування, напівфабрикатів і сільськогосподарської сировини з точки зору енергоефективності.

У роботі бакалавра на базі абсорбційно-дифузійного холодильника була створена розробка комбінованих холодильників з нагрівальною камерою, тобто холодильника з додатковими функціями. Використання такої машини має більше привілеїв, ніж холодильника стисненого повітря. Перш за все, це безпека для навколишнього середовища, безшумність і додаткові можливості.

Сучасна машинобудівна промисловість не виробляє холодильники такого типу. На сьогоднішній день існує декілька експериментальних зразків, які розробляються на українських заводах, і є кілька авторських свідоцтв на цей тип розробок.

Даний спроектований холодильник з нагрівальною камерою дійсно шкідливий при експлуатації холодильника, його витягли з холодильника, і для його зменшення довелося використовувати різні типи охолоджуючих пристроїв (конденсатори, дезінфікуючі засоби), тому важлива доцільність розробки. У нашій розробці ми розігріваємо різні види продуктів (масло, дитяче харчування, різні види тіста) в спеціально розробленій камері і використовуємо її для сушіння різних видів фруктів, овочів, ягід і т. д.

1 Огляд та аналіз технічної літератури з тематики бакалаврської роботи

1.1 Огляд існуючих абсорбційно-дифузійних холодильних установок

На ринку холодильного обладнання такого типу представлений холодильник "Кристал-9м".

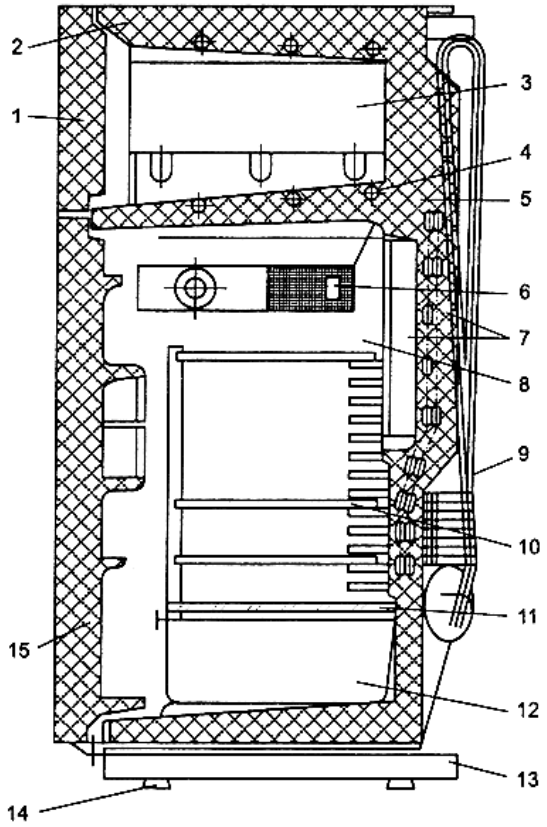


Рисунок 1.1 - Холодильник типу «Кристал-9М»:

Холодильник виконаний у вигляді прямокутної металевої шафи з 2 камерами. Морозильне відділення 8 (рис.1.1) для зберігання продуктів виготовляється з ударостійкого пластику або полістиролу методом вакуумування і розміщується в нижній частині холодильника. Низькотемпературна камера 3 виготовлена з алюмінію і розташована у верхній камері холодильника. Кожна камера має дверцята. Герметичність дверцят забезпечується ущільнювачем з магнітними вставками. Утепленням 2-х холодильників служить пінополіуретан, який одно-

часно виконує функції корпусних елементів конструкції, що дозволяють значно скоротити кількісті кріпильних елементів.

Двері 1 і 15 морозильної камери і холодильного відділення складаються з внутрішньої і зовнішньої панелей і ізоляції відповідно. Зовнішня панель виготовлена з металевого листа, а внутрішня - з ударостійкого полістиролу або пластику. Вони виготовляються шляхом формування вакуумної панелі. Внутрішній холодильник має полиці для зберігання і закривається пластиковими дверцятами.

Охолодження цієї камери здійснюється холодильним агрегатом 9 абсорбційно-дифузійної дії.

Холодильник працює при включенні електронагрівача нагрівального елементу потужністю 2 градуси на 40 ВТ125 Вт. Термостат t-110 - 5 автоматично відключає 40 Вт і 125W.Ву включає обігрівач від холодильника для підтримки заданої температури в приміщенні.

Завдяки розвиненій поверхні випарника 7 в морозильному відділенні розморожування відбувається автоматично в робочому циклі, коли термостат нагрівача перемикається на потужність 45 Вт. Випарник низькотемпературної відсіку 4 в працюючому холодильнику мокрий, тобто вода витікає під час відтавання. Лише дуже мало продуктів можна покрити Морозом дуже невеликої товщини. Краплі, що утворюються на випарнику холодильної камери, відводяться в піддон, з якого через випускну трубку вода надходить в піддон, розташований між трубками абсорбера холодильної установки; для поглинання тепла вода з піддону випаровується. Зліва від бічної стінки морозильної камери знаходиться касета з лампою освітлення, вимикач освітлення морозильної камери і сервісна система, призначена для підтримки автоматичного температурного режиму холодильника.

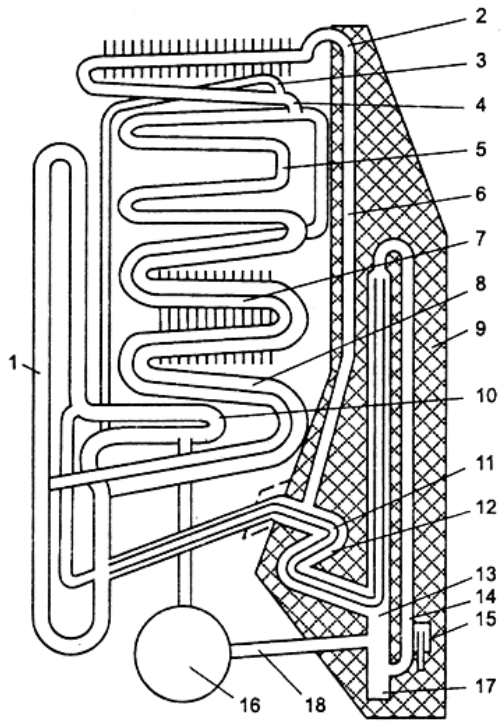


Рисунок 1.2 - Вид ззаду холодильний холодильника «Кристал-9М»

Холодильна установка (рис. 1.2) не має рухомих частин, виготовлена з безшовної труби, яка з'єднана газовим зварюванням і заповнена водним розчином аміаку з антикорозійними добавками, а також інертним по відношенню до аміаку газоподібним воднем. Для вирівнювання тиску в системі охолодження в агрегат подається водень. В якості холодоагенту використовується аміак, а в якості абсорбенту - дистильована вода.

Основними частинами холодильної установки і їх призначенням є: Генератор 17 - піднімає слабкий розчин на певну висоту для подачі в абсорбер, утворюючи водно-аміачну пару. Випарник 5-Кип'ятить рідкий аміак, забирає тепло з випарної камери і утворює холод. Конденсатор 2 - конденсація парів аміаку; абсорбер 10-поглинання парів аміаку слабким водним розчином аміаку.

Холодильні установки працюють аналогічним чином. Згідно з принципом Сполученого судини, міцний Водний розчин аміаку з ресивера 16 надходить в ізольований генератор 17, що зводить до мінімуму споживання тепла навколи-

шнім середовищем. Насичений розчин з приймача надходить в термосифонний котел по трубці 18, 14 і закипає за рахунок теплоти, що виділяється нагрівачем 15. Внутрішній діаметр трубки термосифона становить 3,5 мм. При роботі холодильника всередині трубки утворюється парова пробка, яка відводить рідину з термосифона до досить високого рівня, що забезпечує потрапляння слабкого розчину в абсорбер. Пари аміаку і слабкий розчин, що виходять з термосифона, надходять в теплообмінник 14 з третім потоком, який концентрично розташований навколо труби термосифонного котла 12. У теплообміннику концентрований розчин нагрівається за рахунок тепла від слабкого розчину, розташованого в трубці 13. У центрі змійовика ненасичений розчин потрапляє в парову трубку 13. Тут здійснюється ректифікація, тобто процес поділу парожідкостной суміші для теплообміну пара і розчину. Пари аміаку після ректифікації по трубі 6 надходять в конденсатор 2. Конденсатор виконаний у вигляді плоскої труби з ребрами. Пари аміаку безперервно надходять в конденсатор, витісняючи з нього водень, в результаті чого парціальний тиск парів аміаку (парціальний тиск є частиною загального тиску в газовій суміші, яке створюється цим газом) приблизно дорівнює загальному тиску в холодильній установці.

У конденсаторі пари аміаку конденсуються, відводячи тепло в навколишнє середовище. Рідкий холодоагент надходить у випарник 4 через переохолоджувач 5 і 7 з конденсатора. В даному випадку рідкий аміак випаровується без закипання, оскільки тиск парів аміаку нижче в порівнянні із загальним тиском в установці. Тепло, необхідне для випаровування рідкого аміаку, надходить з повітря в холодильнику. У випарнику пари аміаку надходять у водень, утворюючи насичену газоподібну воднево-аміачну суміш, з боку випарника через газовий теплообмінник 8 у напрямку до слаборухливого розчину, де газова суміш розділяється шляхом поглинання (абсорбції) аміаку слабким розчином з виділенням поглинаючого тепла і перехід до довгострокового рішення.

Через ресивер міцний розчин знову надходить в термосифонний котел. Збіднена парогазова суміш (практично чистий водень) з абсорбера надходить в

повітроохолоджувач 1, потім проходить через газовий теплообмінник 8 і випарник 7, і передача холодної парогазової суміші в випарник 5 холодильної камери здійснюється в результаті різниці по їх питомій вазі. У випарнику збліднена парогазова суміш знову таки насичується парами аміаку, перетворюється в концентровану суміш і знову надходить з випарника в абсорбер. Для запобігання попадання водню в конденсатор передбачена труба для відводу парогазової суміші в приймач 4, оснащений переохолоджувачем 163.

Є холодильник фірми «Інній-АШ-120» (рис. 1.3).

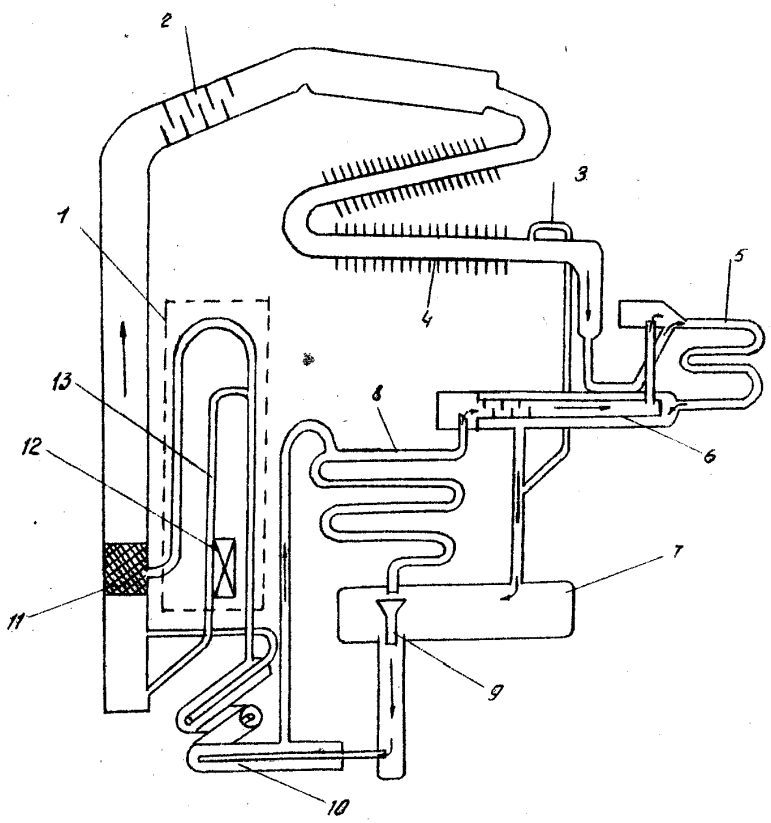


Рисунок 1.3 - Схема холодильного апарату абсорбційно-дифузійного

Такий пристрій заповнюється робочою сумішшю, що складається з холодоагенту – аміаку і абсорбенту–води, а також інертного газу, який не вступає в хімічну реакцію з аміаком – водень підвищує тиск в системі пристрою, що дає перспективу проведення циклу без 2-х механізмів.

Пристрій працює наступним чином: Водний розчин аміаку кипить в генераторі (бойлері) 12, що нагрівається нагрівальним елементом 1. Пари аміаку, які виділяються при кип'ятінні розчину, з невеликим вмістом в ньому водяної пари, надходять в випрямляч-дефлятор 2. В результаті ректифікації (охолодження) навколишнім повітрям деяка кількість водяної пари конденсується, і його вміст в парах аміаку знижується. Утворилися краплі води (мокрота) відводяться назад в генератор, а пари аміаку надходять в конденсатор 4, де вони зріджуються.

Рідкий аміак з конденсатора надходить назад у випарник 6, а потім переохолоджується в газовому теплообміннику 5 завдяки тепловому контакту, утвореному припаяною трубкою. У випарнику суміш кипить і відбирає тепло у охолоджуваного об'єкта. Також воднево-аміачна суміш надходить у верхню частину випарника з абсорбера 8 по трубці внутрішнього газового теплообмінника 6. Кип'ятіння аміаку в випарнику здійснюється при низькій температурі, яка відповідає парціальному тиску аміаку в парогазової суміші з воднем. Якщо загальний тиск (водню і аміаку) в випарнику становить 16 кгс/см2, то парціальний тиск аміаку становитиме близько 2-3 кгс/см2. У цьому випадку парціальний тиск і, отже, температура закипання аміаку в різних місцях випарника різні. Найнижча температура закипання холодоагенту знаходиться в тій частині верхнього випарника, де парціальний тиск аміаку нижче. Це створює не зовсім зручні умови для випаровування холодоагенту по всьому випарнику, що призводить до стабільно низької температури в морозильній камері.

Холодна, збагачена аміаком воднево-аміачна суміш, що утворюється в випарнику, опускається в зовнішню трубу газового теплообмінника 6, надходить в абсорбційний резервуар 7, а потім піднімається в абсорбційний змійовик 8. У даній конструкції використовується вдосконалений абсорбційний резервуар 7. Трубка з поливом 9 покращує умови для надходження стійкого водного розчину аміаку з абсорбера в рідинний теплообмінник 10.

Водний розчин аміаку, виснажений в генераторі самопливом з генератора (його верхньої зони) (рівень рідини в генераторі вище, ніж в абсорбері), прохо-

дить через зовнішню трубу рідинного теплообмінника 10, коли зустрічається слабкий водний розчин аміаку з сумішшю водню і аміаку, абсорбція (поглинання) за допомогою цього розчину з суміші утворюється аміак. Утворений стійкий Водний розчин аміаку накопичується в абсорбційному резервуарі і переміщується по трубці внутрішнього рідинного теплообмінника 10 до термічного сифона 13, в той час як легкий водень з низьким вмістом парів аміаку піднімається з верхньої частини абсорбера до випарника і проходить через трубку внутрішнього газового теплообмінника 6.

Абсорбційно-дифузійна Холодильна установка виготовлена з безшовних металевих труб і складається з наступних частин: конденсатора 10 (рис. 1).2), абсорбера 7, випарника 9, генератора 1 з термосифоном 2 і теплової труби. Генератор з термосифоном і рідинним теплообмінником укладений в коробку, заповнену ізоляцією 3.

Обсяг водяного розчину аміаку для заповнення холодильної камери становить 550-1000 см3, концентрація аміаку у водяному розчині аміаку становить 30-40% (за масою), а тиск води в пристрої становить 1450-1950 кПа. Був сконструйований водяний розчин аміаку з дворазовим використанням дистильованої води. Для захисту поверхонь в середині від корозії в розчин додають близько 2% бікарбонату натрію (за вагою всієї партії).

Є абсорбційний холодильник [1]. Абсорбційний холодильник відрізняється тим, що в отворі, бічних стінках внутрішнього корпусу шафи і стелі встановлена додаткова пластина теплопровідності.

На рис. 1.4 показана схема абсорбційного холодильника і додаткових панелей на різних стінках і стелях внутрішнього корпусу шафи.

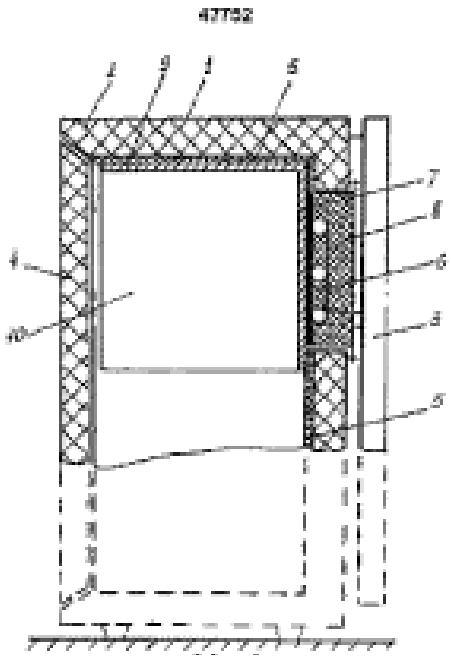


Рисунок 1.4 - Абсорбційна холодильна установка

Абсорбційний холодильник має шафу 2 з ізоляцією 1, холодильний агрегат, розташований на задній стінці шафи 1, на передній стінці шафи 1 3, а дверцята 4 всередині шафи 1 має пластиковий корпус 5. На задній стінці корпусу 1 є проріз, в якій розташований змійовиковий випарник 6. Випарник 6 термічно з'єднаний із задньою тепловою трубою 8 через теплопровідну пластину блоку 7.

До основного корпусу шафи 1 прикріплені 5, задня теплова труба 7 (в отворі), верхня теплова труба 9 і бічна теплова труба 10. Теплова труба, коли вона використовується, приєднує конденсуючі ділянки 13 і 14 до заднього отвору 7, а випаровують ділянки - до верхнього 11 і бічного отвору 10. Коли використовуються двофазні теплові сифони, їх конденсаторний вузол 16 також приєднується до заднього відведення 7, а випарний вузол 15 приєднується до бічного відведення 10.

Абсорбційний холодильник працює наступним чином: при включенні холодильної установки 3 в випарнику 6 виникає штучний холод. Приєднанні термічного випарника 6 і аварійного пристрою 7 термічний випарник 6 охолоджується, в той час як проводить тепло відводиться від аварійного пристрою 10.

Випарник 6 підтримує температуру в приміщеннях 7, 9 і 10 нижче температури повітря в обсязі холодильної шафи 1, що забезпечує охолодження прикордонного шару повітрям. Охолоджене повітря подається по задньому DTP7 і бічному DTP10 в нижню частину шафи 1. Крім того, забезпечується "падаючий" потік повітря при аваріях на стелі 9. Поєднання настінних і" падаючих " потоків забезпечує постійну циркуляцію повітряних потоків в обсязі холодильної шафи, зменшує вплив багатошарових полиць, а також дає право скоротити час охолодження продукту.

При використанні абсорбційної теплової труби або двофазного термосифона в конструкції холодильника в зоні високих температур (верхня і нижня частини корпусу) здійснюється вироблення холодоагенту, пар переноситься в зону конденсації, конденсується і повертається в зону випаровування самопливом (в разі двофазного охолодження) - фазний термосифон) або капілярна структура (у випадку теплових трубок).

Слід також зазначити, що удар по стінках морозильної камери забезпечить приплив тепла з довколишнього середовища. У цьому разі конвективна складова припливу тепла зменшується, що ще більше знижує опір теплового зв'язку "випарник - повітря в холодильнику".

Отже, в порівнянні з прототипом можна побачити наступне позитивне якість заряджається об'єкта.а) поліпшення експлуатаційних характеристик (збільшення корисного обсягу, зниження енергоспоживання); б) можливість конструювання холодильника зі збільшенням корисного обсягу за рахунок використання двофазного теплового сифони або теплові трубки з низьким внутрішнім тепловим опором в процесі теплопередачі; крім того, необхідно відзначити переваги заявляється об'єкта, які характерні для прототипу - це винос випарника ADHM за межі корисного обсягу холодильної камери. При цьому отримуєм наступні позитивні ефекти: а) збільшується корисний об'єм, б) виключається шкідлива для навколишнього середовища операція цинкування випарника при виробництві adam, в) знижується поглинання.

Є абсорбційний холодильник [2]. Абсорбційний холодильник з ізолюючим шафою, розділеним на кріогенний відсік з холодильною камерою і теплоприемной поверхнею, і абсорбційно-дифузійний холодильник з випарником, що працює при низькій температурі і термічно взаємодіючим з системою випарно-конденсаційного теплообміну для відводу тепла з кріогенного відсіку коробчатої форми.

Абсорбційний холодильник включає в себе NTV2, теплоізоляційний шафа, розділений на верхню 3 і нижню 4 морозильні камери 1, а також знімний холодильний агрегат, розташований на задній стінці, змієвиковий випарник якого розташований в повністю герметичному теплоізоляційному блоці 5ntv, а кожне відділення морозильної камери має окремий дверцята 6, 7, 8. НТВ виконаний у вигляді короба 9, виготовленого з металу з високою теплопровідністю (наприклад, алюмінію). На бічній стінці короба 9 встановлений випарний блок 10Т або DT, а конденсаційний блок 11 розташований на задній стінці короба 9.

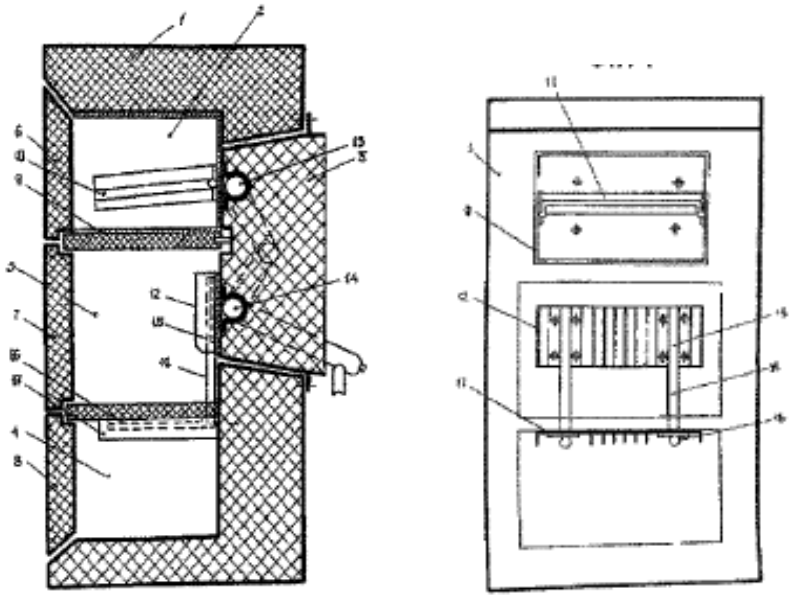


Рисунок 1.5 – Вид загальний холодильника абсорбційного

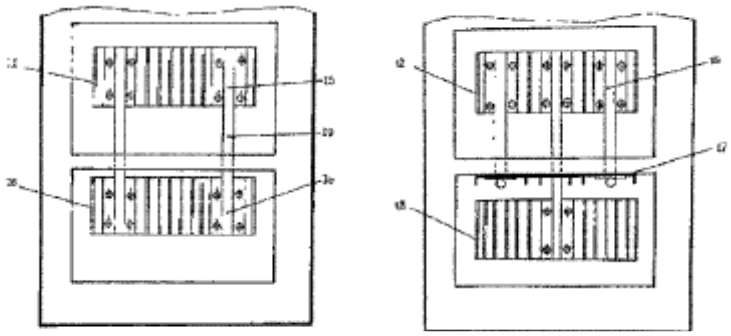


Рисунок 1.6 – Теплочутлива поверхня нижньої холодильної камери розташована на задній стінці

На рис. 1.4 показаний варіант, який використовує U-подібний ТТ або DT. В цьому випадку забезпечуються більш високі ізотермічні властивості внутрішнього NTV і об'ємних стінок. При використанні 2-х L-подібних ТТ або DT вихід з ладу 1 пристрою тільки погіршить роботу NTV, тому загальна надійність системи підвищиться, але вихід з ладу U-подібної конструкції виведе з ладу всі NTV. Задня стінка холодильної камери 3 забезпечена теплоприймальною поверхнею 12. Конденсаторний блок 11tt або DT має теплове з'єднання через задню стінку корпусу 9, а також панель 12, з прямою частиною змійовикового випарника холодильних установок 13 і 14, відповідно. Випарник холодильної установки виконаний у вигляді теплообмінника з 3 потоків. На панелі 1 2 конденсаційний вузол 15tt або DT закріплений в міжреберному проміжку, випарний вузол 16 закріплений в міжреберному проміжку теплоприймальної поверхні нижнього h C4. Для забезпечення кращого теплового з'єднання в зоні теплового контакту теплопередающих 11, 15 і теплоприймальних 10, 16 поверхонь ТТ або DT виконаний у вигляді профілю у формі омеги, а підстава профілю прикріплено до робочої поверхні за допомогою знімного різьбового сполучення через шар з термопасти.

Абсорбційний холодильник працює наступним чином. Розглянемо, наприклад, варіант роботи холодильника, заповненого традиційної водно-аміачної сумішшю з додаванням інертного газу водню. Холодоагентом ТТ або DT є

аміак. Коли Холодильна установка подає теплове навантаження на генератор, в випарнику створюється штучний холод. Конструкція випарника у вигляді 3-потокового теплообмінника дозволяє отримувати температуру -13 в найхолоднішій зоні 24...-30°С, а в теплій зоні 14-5...-10°С. Зниження рівня температури в початковій частині випарника 13 викликає утворення конденсату аміачного холодоагенту в Т Т або DT, розташованих в ntv. Конденсатор 11 Tt або DT розташований безпосередньо над задньою стінкою блоку ntv 9, в зоні випарника 10. Це дає право гарантувати, що зріджений холодоагент Tt або DT надходить із зони конденсації 11 в зону випарника 10. Характерне значення фактичного положення конденсатора 11 щодо випарника 10 відноситься до точки dt, де охолоджуюча рідина подається в зону випаровування тільки для опису гравітаційного потоку.

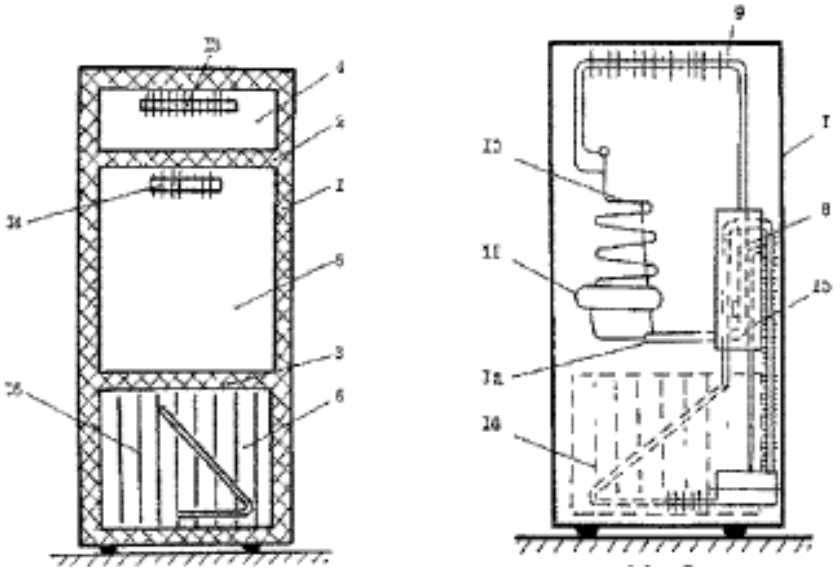
Надходження тепла через ізоляцію тим і дверцята 6 призводить до випаровування аміаку в зоні установки випарного пристрою 9 на бічній стінці боксу 10. Пари аміаку за допомогою ТТ або DT проникають в зону конденсації 11 і конденсуються при температурі -17 з відведенням тепла випаровування в випарник холодильної установки 13... -19°С процес фазового переходу (випаровування, конденсація) здійснюється при температурі ТТ або DT при майже стабільному тиску, тому різниця температур між зоною подачі тепла і зоною відведення тепла або між бічною і задньою стінками незначна (менше 1,0°С), що забезпечує робочу температуру режим роботи телеканалу НТВ.

1.2 Аналіз конструкції комбінованого холодильника з нагрівальною камерою

Абсорбційно-дифузійний холодильник з генератором, покритим ізольованим кожухом і дезінфікуючим засобом, композитний абсорбційний холодильник [3] з ізоляційним шафою, розділеним на ізоляційний шафа, з'єднаний з елементом теплового випромінювання холодильного абсорбційного дифузора, і

композитний абсорбційний холодильник [3] з ізоляційним шафою, з'єднаним з елемент теплового випромінювання холодильного абсорбційного дифузора, що відрізняється тим, що він розділений зверху до низу ієрархічним чином ізоляційною перегородкою. Композитний абсорбційний холодильник [3] з композитним абсорбційним холодильником [3] з композитним абсорбційним холодильником [3]. Дефлегматор і термокамера термічно пов'язані між собою випарно-конденсаційним теплообмінником, частково заповненим розчинником, що містить фізіологічний розчин, і мембранними блоками. Даний винахід відноситься до побутової холодильної техніки, і зокрема до абсорбційним холодильників з додатковими тепловими камерами, що працюють в діапазоні температур від 50... Добре відомий абсорбційний холодильник, який включає абсорбційно-дифузійний холодильник (ADHM) з температурою до 70°C і теплоізольований шафа, розділений на холодильну камеру (HC) і кріогенну камеру (NTV) [1].

Сутність якого показана на рис. 1.7.



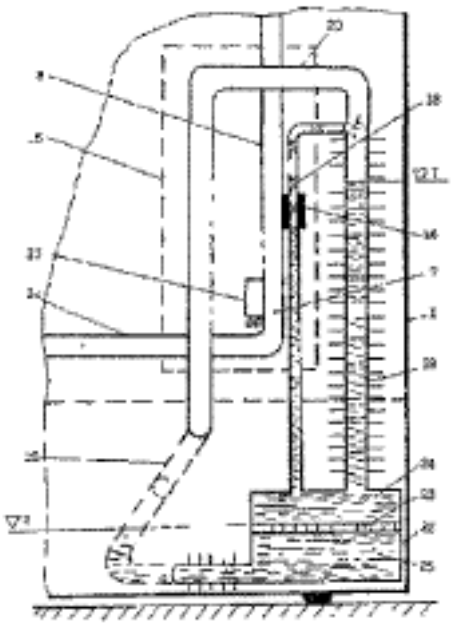


Рисунок 1.7 - Виз загальний холодильника

Конструкція комбінованого холодильного пристрою розділена теплоізольованими перегородками NTV4, HC5 і TC6 2 і 3. Теплоізольований шафа 1 Холодильна установка встановлена на задній стінці шафи 1, генератор 7, повітряний конденсатор 9, випрямляч 8, змійовиковий абсорбер 10, абсорбційний бак 11, рідинний теплообмінник 12, низькотемпературний випарник, встановлений в NTV4 a13, оснащений високотемпературним випарником, встановленим в HC5 14. Генератор 7 закритий ізольованим кожухом 15. У тепловій камері 6 встановлена поздовжня панель 16 для відводу тепла. У нижній частині труби 7 генератора встановлений рукав з електронагрівачем 17. ССІ включає випарник 18, виконаний за типом pts (труби малого поперечного перерізу), магістраль 19 для подачі твердого сольового розчину з ребрами, транспортну лінію 20, конденсатор 21 і мембранний блок 22, і розділений напівпроникною перегородкою (мембраною) 23 на порожнини з фізіологічної порожнини 24 і розчинника 25. Частина конденсатора, розташована зовні теплової камери 6, має ребра. Між випарником 18 і дефляційним дозатором 8 є зона 26 теплового зв'язку. Конденсатор 21 ССІ встановлений на панелі 16. Порожнина 24, випарник 18 і Магіст-

раль 19 заповнені фізіологічним розчином до рівня 31. У той же час сильний, збіднений розчинниками фізіологічний розчин знаходиться в робочому динамічному режимі всередині стовбура 19. Нижня частина порожнини 22 блоку 25 і конденсатора 21 заповнена рідкими розчинниками до рівня 32. Робоча температура дефлегматора становить від 8 до 80°С. Випарник 18ссі виконаний у вигляді капіляра з внутрішнім діаметром 2 мм. Мембрана типу mga використовується в якості напівпроникною перегородки 23-100/5/, селективної по відношенню до молекул води (тобто вибірково пропускає молекули води). Для підвищення механічної міцності мембрана посилена ніхромовою підкладкою. Загальна поверхня плівки становить 64 см2,3, враховуючи пористість ніхромової підкладки (10%), робоча поверхня перегородки 23 становить 6,4 см2.В якості робочої рідини ССІ використовується водний розчин броміду літію з високим осмотичним тиском. Наприклад, якщо масова концентрація водного розчину броміду літію становить 3,0%, осмотичний тиск становить 0,45 МПа, концентрація становить 18% -2,84 МПа, концентрація становить 36% -6,09 МПа.

В експерименті використовувався Водний розчин броміду літію з масовою концентрацією 25%. Заповнення ССІ здійснюється таким чином, щоб в перший момент розчин не потрапив в конденсатор 22 і порожнину 21 мембранного блоку 25. Обсяг заливається розчину підібраний таким чином, що в режимі роботи рівень растворостойчивости основного 19 становить 31, що забезпечується за рахунок термічного зв'язку випарника 18 і дефлегматора 8.26 він виконаний з мідних, дуже струмопровідних хомутів. Панель 16 виготовлена з алюмінію, і конденсатор 21 ССІ міцно з'єднаний з нею. Це забезпечує надійний тепловий зв'язок.

Коли теплова потужність подається на електронагрівач 17, водоамміачний відведення ремонтується генератором холодильної установки 7, надпровідник перекачується в слабкий водо-аміачний відвідний абсорбер 10. Вода надходить в дефлегматор 8, де конденсатна вода змивається зі стінок каналу. Аміак розпорошується в конденсаторі 9 і пропускається через теплообмінник рідкого аміаку

з високою температурою розпилення 14 і низькою температурою випаровування 3. Ефект охолодження виробу повинен досягатися за рахунок випаровування аміаку в присутності інертних газів – води. Мішок комбінованого циклу охолоджується, перекачується через резервуар 11 в абсорбер 10, в процесі абсорбції вода промивається аміаком, закачується в котел 13і14, протягом усього циклу вода перекачується роботом холодильної установки. Через тепловий перехід 26 здійснюється передача тепла від пристрою 8 видалення повітря до PTS1 8. Оскільки PTS18 заповнений водним розчином броміду літію, він нагрівається і випаровується. Нормальна температура кипіння води становить 100°С, а броміду літію - 126,5°с, тому випаровується тільки вода (розчинник). При використанні трубки невеликого перерізу PTS18 працює в режимі підйому рідини, тобто бульбашки утворюється пара виштовхуються в верхню частину її частини (розчину). Розчин, в якому відсутній абсорбент (вода), відводиться в магістраль 19, пар надходить в транспортну магістраль 20, а потім в конденсатор 21. Транспортна магістраль 20 повністю розташована всередині корпусу генератора 15. Це робиться для зменшення тепловтрат в навколишнє середовище і для більш повного використання тепла дефлегмації для забезпечення необхідних температурних режимів ТЗ. Конденсація водяної пари здійснюється в конденсаторі 21. Тепло випаровування через ребристу панель 1 6 розсіюється в обсязі теплової камери 6, забезпечуючи тим самим рівень робочої температури 50... Вода температурою до 70°С надходить в нижню частину конденсатора 21 і потрапляє в порожнину 22 блоку 25. У динамічному режимі рідина знаходиться на рівні 32, який перевищує горизонтальний рівень перегородки 23. Під час транспортування в блок 22 конденсат охолоджується. Підвищення ефективності охолодження досягається за рахунок установки зовнішнього ребра в зоні, розташованій за межами термокамери 6. У магістралі 19 також охолоджується стійкий розчин броміду літію, що надходить в порожнину 24. Це необхідно для захисту від інтенсивного поглинання молекули розчинника (води) молекулами солі (броміду літію). Напівпроникна перегородка 23 пропускає через себе тільки молекули

води, що створює хаотичне рух молекул, що проходять в протилежному напрямку від порожнини 25 до порожнини 24. У присутності молекул броміду літію в порожнині 24, яка є абсорбентами молекули води, зворотний потік молекул води в порожнину 25 зменшується. При динамічній рівновазі результуючий потік молекул води направляється з порожнини 25 в порожнину 24. Реалізується режим свого роду рідинного насоса. Прокачування молекул через мембрану 23 компенсує їх відтік з випарника 18 в конденсатор 21. Як описано вище, рівні V1 і V2 підтримуються. Інтенсивна циркуляція розчину в порожнині 24 забезпечується за рахунок режиму роботи РТС 1 8. Циркуляція призводить до швидкого процесу перемішування і зв'язування молекул води обмежувального шару в порожнині 23 поблизу мембрани 24.

У динамічному режимі мембрана 23 повинна захищати перекачування молекул розчинника (води) через зворотний тиск, що визначається різницею між рівнями V1 і V2. Різниця в максимальній висоті в цьому випадку не перевищує 1 метра, а щільність водного розчину броміду літію з масовою концентрацією 25% становить 1800 кг/м3. Отже, максимальне значення для тиску не перевищує 0,02 МПа.

Експериментальні дослідження показали, що мембрана MGA-100 дозволяє перекачувати воду, еквівалентну 1 см2 вогневої потужності, через 11 робочих поверхонь... Потужність 12 Вт також подається в напрямку зворотного тиску 0,30... Максимальний тепловий потік мембрани з робочою поверхнею 0,35 МПа, тобто 6,4 см2, при протитиску 0,30...0,35 МПа дорівнює 70... 75 Вт в той же час максимальний тепловий потік, який може бути відведений від дезинфікуючого засобу холодильної установки типу ASH-150, не перевищує 30 Вт. Таким чином, якщо розглядати мембрану MGA-100, то вона буде працювати з запасом як щодо теплового потоку, так і протитиску.

1.3 Аналіз теплопередавального обладнання

Принцип його роботи простий і надійний: тепло подається з одного кінця трубки, під дією якого теплоносій, просочений сердечником, випаровується, поглинаючи велику кількість тепла (еквівалентне теплоті випаровування). Потім це тепло передається на 2-й кінець труби за допомогою теплопровідності та конвекції, де тепло відводиться до конденсації теплоносія. Температура процесу випаровування і конденсації, що вимагає високої теплоємності, коливається від -200 до + 2500°C. Завдяки високій щільності теплового потоку трубки, яка досягає більше одного кіловата на квадратний сантиметр температурного діапазону, теплова трубка може передавати тепло в сотні разів швидше на одиниці ваги, ніж такі метали, як мідь і срібло (теплопровідність з яких теплової трубки в 1000 разів вище, ніж у міді).

Циркуляція теплоносія здійснюється за рахунок капілярних сил, під дією яких конденсат обертається уздовж гніту до гарячого кінця трубки проти тяжіння.

Передача тепла через гніт здійснюється за рахунок теплопровідності конденсується і випаровується частин трубки. Теплопередача за рахунок конвекції всередині сердечника менше, ніж за рахунок теплопровідності. Таким чином, падіння температури в тепловій трубі пропорційно локальному значенню теплового потоку по товщині пористого сердечника і обернено пропорційно ефективної теплопровідності матеріалу сердечника і корпусу.

Термосифон: невелика кількість рідини впорскується в центр корпусу, повітря відкачується і герметизується (запалюється). Коли тепло переноситься в зону випаровування, рідина перетворюється в пару, і тиск насичення парою в цій зоні різко підвищується, і пара переміщається в зону з більш низьким тиском, конденсуючись і перетікаючи через стінку необхідною умовою для роботи є відведення тепла із зони конденсації. Перегрів в зоні випаровування також неприпустимий-може статися критичне закипання (випарується вся рідина), і

теплопередача піде по стінках термосифона.

Слід зазначити, що тепловий сифон може забезпечити значну потужність теплопередачі, принаймні, при невеликій різниці температури між його кінцями, оскільки прихована теплота випаровування в рідині має важливе значення. Відмінною особливістю цієї системи теплопередачі є те, що конденсат обертається під дією гравітаційного (колапсуючого) поля. Таким чином, тепловий сифон працює лише в тому випадку, якщо зона випаровування знаходиться під зоною конденсації. Щоб конденсат в будь-якому напрямку системи теплопередачі повертався в зону випаровування, необхідно було замінити гравітаційне поле на щось інше. Це було зроблено, коли була винайдена нова система - теплова труба. На графічній частині показані різні типи теплових труб.

Корпус виконаний з нержавійки, гніт - з дротяних сіток, робоча рідина - натрій, літій, срібло. Це все класичний тип теплової трубки, що використовує капілярний ефект, який забезпечує незалежність розташування зони випаровування від гравітаційного поля. На додаток до гравітаційних (термічний сифон) і капілярних (класичний ТТ) сил, сучасні типи ТТ використовують відцентрові, електростатичні, магнітні, осмотичні поля і поля 2-го типу для повернення конденсату.

Найбільш поширеним типом теплової трубки є теплова трубка скульптора. Вона складається всього з 3 елементів: корпусу, робочої рідини і гніту.

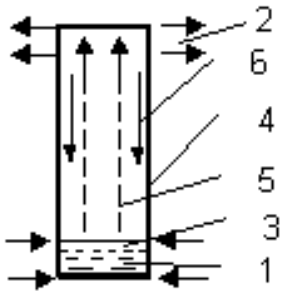


Рисунок 1.7 – Конструкція теплових трубок: 1 – зона випарника; 2 – зона конденсатора; 3 – рідина; 4 – корпус; 5 – пара; 6 – зворот рідини (конденсат)

Корпус-він повинен забезпечувати ізоляцію робочої рідини від поверхневого середовища, він повинен бути герметичним, він повинен витримувати перепади тиску між внутрішнім середовищем і навколишнім середовищем, він повинен забезпечувати подачу тепла до робочої рідини і забезпечувати відведення тепла від неї. Матеріалом зазвичай служить нержавіюча сталь, алюмінієвий сплав, мідь, скло, бронза; пластик (гнучкий ТТ), кераміка (високотемпературний tt). Перетин трубки кругле або прямокутне.

Мінімальний діаметр ТТ повинен бути таким, як внутрішній діаметр зони перенесення пари виключав би дію капілярних сил, тобто паровий канал перетворився в капілярний канал.

Робоча рідина: в залежності від температурного діапазону використовуються різні речовини, доведені до рідкої фази - від зріджених газів до металів: гелій (-271... -269°с), аміак (-60.. + 100°С), фреон -11 (-40... ++120°С), ацетон (0... + 120°С), вода (30... 200 ° С), ртуть (250.. 650 ° С), натрій (600.. 1200 ° С), срібло (1800.. 2300°С).

Велике поверхневий натяг рідини було необхідно для створення капілярного тиску, достатнього для того, щоб протистояти силі тяжіння. Щоб добре зволожити корпус і гніт, кут змочування рідини повинен бути близький до нуля. Чим вище прихована теплота випаровування, тим менше рідини Вам буде потрібно. Рідина з високою теплопровідністю мінімізує різницю температура між стінкою та поверхнями випаровування. Чим нижче в'язкість рідини, тим нижче гідравлічний опір потоку.

Капілярно-пористий матеріал (серцевина) - забезпечує створення капілярного тиску для перемішування рідини з конденсатора в випарник і рівномірного розподілу по всіх зонах випаровування.

Найчастіше використовуються металева сітка, металізована тканина саржевого переплетення, обпалений металевий порошок і металізований повсть. Метали: мідь, титан, люмінофорна бронза, нікель, нержаваійка.

Вибір гніту для теплової трубки визначається значною кількістю факто-

рів, деякі з яких тісно пов'язані з властивостями робочої рідини. Основне призначення гніту-створювати капілярний тиск для перемішування рідини з конденсатора в випарник. Гніт також повинен правильно розподіляти рідину по всій зоні випаровування, тобто у всіх точках, де тепло може подаватися до теплової труби. Часто для вирішення цих двох проблем необхідно використовувати гноти різної форми, особливо коли відведення конденсату необхідно здійснювати на відстані 1 м, наприклад, при відсутності сили тяжіння.

Максимальний капілярний тиск, який створює гніт, збільшується зі зменшенням розміру пір гніту. Ще однією важливою особливістю гніту є його проникність, яка збільшується зі збільшенням розміру пір. Для однорідного пресування існує оптимальний розмір пір з точки зору задоволення цих протилежних вимог. В цьому відношенні існує 3 основних варіанти. Гніт, який використовується для горизонтальних теплових трубок або трубок, що працюють під дією сили тяжіння, забезпечений невеликим напором, захищає потік від максимальної витрати рідини і має відносно великий отвір, розміри якого приблизно рівні 100-150 мкм вимірюваної щільності радіального теплового потоку в випарнику теплової трубки (вказане значення необов'язково обмежена) і високою теплопередающей здатністю труби.

Ще однією правильною оптимізаційної характеристикою гніту є його товщина. Потужність теплопередающей трубки збільшується зі збільшенням товщини гніту. Однак це збільшує тепловий опір радіального сердечника, що перешкоджає зростанню теплопередающей здатності всієї труби і знижує допустиму щільність максимального теплового потоку в випарнику.

Класичні теплові труби мають одну основну корисну функцію (GPF) - осьову передачу тепла між двома точками, розділеними в просторі. Для нормальної роботи теплової труби необхідно, щоб режим роботи всіх її елементів не досягав критичного значення. Подача тепла може здійснюватися будь-яким відомим способом (відкритим вогнем, обмін тепла з нагрітого тіла, електричний струм, Електронні ударні і т.д.).). У той же час, через опір теплового стіни,

нормальна відбувається перепад температури між джерелом теплоти і робочим тілом. Гранична температура залежить тільки від термічної (холодостійкості) матеріалу корпусу.

Зона випаровування. Щільність теплового потоку не повинна перевищувати певних значень, при яких може статися критичне значення теплопередачі (якщо КПМ не встигає подавати нову порцію рідини в зону випаровування).

Зона конденсації. Існує 2 типи конденсації: крапельна і плівкова. Як правило, пара конденсується на поверхні плівки рідини. Існує невелика різниця температур між цією поверхнею та зовнішньою поверхнею стіни (тобто температура стіни не так сильно відрізняється від температури пари). Поверхня теплової труби в зоні конденсації має ізотермічні властивості, оскільки ця поверхня працює при майже постійній температурі (близькій до температури фазового переходу газ-рідина). Коли локальний радіатор підвищується в одній області, кількість конденсується в цьому місці пара збільшується, і температура підтримується на колишньому рівні.

Зона транспортування пара. У зоні випаровувань утворюється надлишкові тиски насичення пари, який використовується для розгону пари до осьової швидкості, подолання сили тертя потоку пари об поверхню гніту і подолання сили в'язкості пари. В результаті тиск по всій довжині теплової труби зменшується в порівнянні із зоною випаровування. У середній частині труби тиск стабільний (адіабатична ділянка). У зоні конденсації тиск практично відновлюється до значення тиску в зоні випаровування. Насправді втрата тиску в простій тепловій трубі пов'язана тільки з подоланням в'язких сил.

Призначення корпусу-ізолювати робочу рідину від навколишнього середовища. Чому необхідно герметизувати корпус і витримувати перепади тиску між внутрішньою порожниною і навколишнім середовищем, а також забезпечувати підведенням тепла до робочої рідини і відведення тепла від неї.

Однією з важливих конструктивних характеристик теплових трубок є ступінь їх заповнення робочою рідиною, враховуючи невеликі розміри трубок і

пристроїв, призначених для роботи у відкритому космосі. Зазвичай трубка заповнюється з невеликим надлишком порівняно з кількістю, необхідною для насичення гніту. Однак, якщо обсяг парового простору не важливий, в конденсаторі може виникнути виражений температурний градієнт, подібний до того, який виникає в ньому в присутності конденсуються газів. В результаті ефективна довжина конденсатора зменшується, а його характеристики знижуються.

Проведено аналіз типів теплових трубок, що використовуються в промислових і побутових приладах. Вони мають різну конструкцію, функції і області застосування.

На рис. 1.8 показано різновиди теплових трубок.

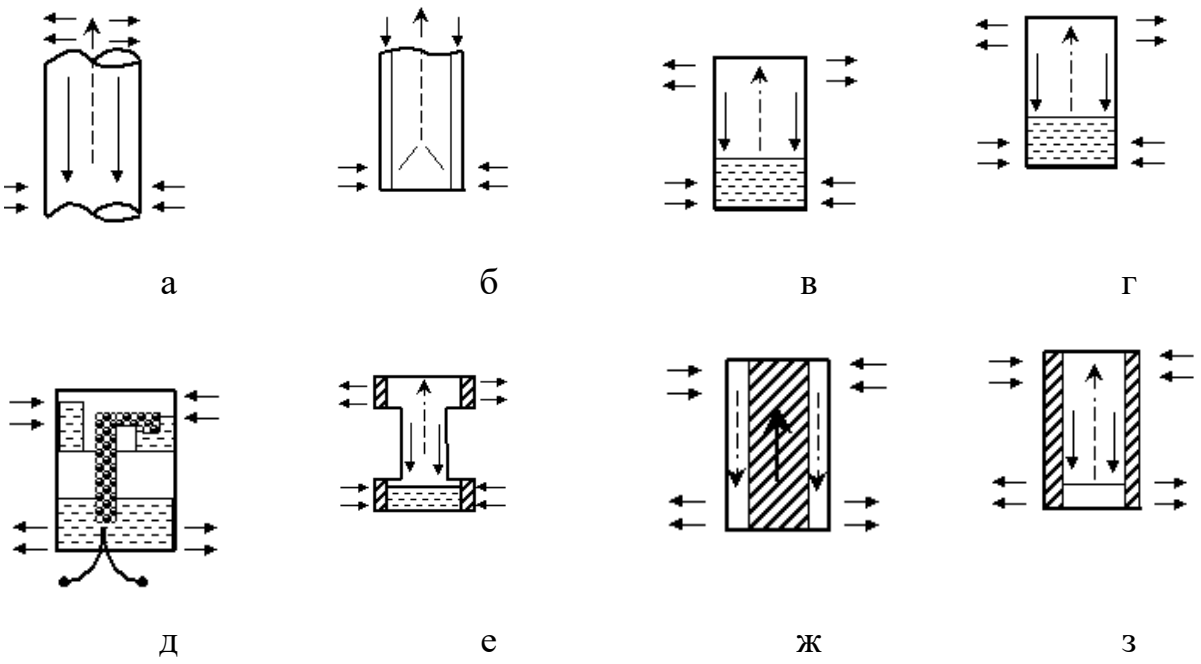


Рисунок 1.8 – Різновиди теплових трубок: а – відкриті трубки; б – трубки з капілярними каналами; в – закриті трубки з повітрям; г - термосифони без повітря; д – антигравітаційний сильфони; е - термосифони з регульованою витратою теплоносія; ж – теплові трубки Голлдера; з – теплові трубки Гровера

Однією з важливих конструктивних характеристик теплових труб є ступінь їх заповнення робочою рідиною, враховуючи невеликі розміри труб і при-

строїв, призначених для роботи у відкритому космосі. Зазвичай труба заповнюється з невеликим надлишком порівняно з кількістю, необхідною для насичення гніту. Однак, якщо обсяг парового простору невеликий, в конденсаторі може виникнути значний перепад температур, подібний до тих, які виникають в ньому в присутності неконденсуючих газів. В результаті ефективна довжина конденсатора скорочується, а характеристики погіршуються.

Висновки до першого розділу

Були проведені перевірка та аналіз холодильного обладнання абсорбційно-дифузійного типу, і був виготовлений холодильник з додатковою функцією.

Опис і аналіз конструкції теплової трубки виконані для використання при розробці холодильників з додатковими функціями, особливо з нагрівальними камерами.

2 Розробка конструкцій холодильних камер з додатковим обладнанням

2.1 Особливості технологічного процесу охолодження в абсорбційному холодильнику

Побутовий холодильник абсорбційного типу призначений для короткочасного зберігання свіжих продуктів і виробництва харчового льоду.

Доступні абсорбційні холодильники об'ємом від 30 до 200 куб.м3 (л) і споживаної потужністю від 75 до 200 Вт. Особливістю абсорбційного холодильника є його безшумна робота, відсутність ключових клапанів і рухомих частин, що підвищує його довговічність.

Однак, порівняно з компресійними холодильниками, абсорбційний холодильник має деякі недоліки. Оскільки нагрівач постійно або періодично підключений до електромережі, продуктивність електричного абсорбційного холодильника вище, ніж у компресійного холодильника, який періодично підключається до мережі.

Продуктивність абсорбційного холодильника значно нижче, ніж у компресійного холодильника, і процес охолодження і отримання низьких температур в абсорбційному холодильнику відбувається дуже повільно, а досягнення температури відбувається набагато довше, ніж в компресійному холодильнику. Нарешті, розроблена нова модель абсорбційного холодильника з агрегатом, що створює більш низьку температуру в низькотемпературному відділенні. Отже, в холодильній камері холодильника "Кристал-9" температура становить мінус 18 °C.

Абсорбційні холодильники отримали свою назву через процес абсорбції, який відбувається в них, тобто поглинання рідкими або твердими поглиначами парів холодоагенту, що утворюються в випарнику. Холодоагентом є аміак. Пари аміаку поглинаються водою з утворенням водного розчину аміаку. Аміак (NH) - безбарвний газ з дуже різким і характерним запахом, який робить його

легко розчинним у воді. Розчин має лужну реакцію, в основі якої лежить досить простий метод виявлення витоку газоподібного аміаку з системи охолодження – пофарбувати лакмусовий папірець, змочену у воді, в пар, що містить синій аміак.

Компонентами розчину для заправки холодильної установки є: холодоагент - аміак, абсорбент - вода і два дистиляту, інгібітор - бікарбонат натрію, інертний газ - водень. Об'єм водного розчину аміаку для заповнення холодильної установки становить 350-750 см3, а концентрація аміаку у водному розчині аміаку становить 4... 36% (по масі). Пристрій заповнений водним розчином аміаку і воднем під тиском 1,47...1,96 г. водень інертний і вступає в хімічну реакцію з аміаком. Водень використовується для отримання парів аміаку, що не утворюють ковзання. Водень подається в конденсатор під тиском, меншим, ніж тиск пари аміаку перед конденсацією.

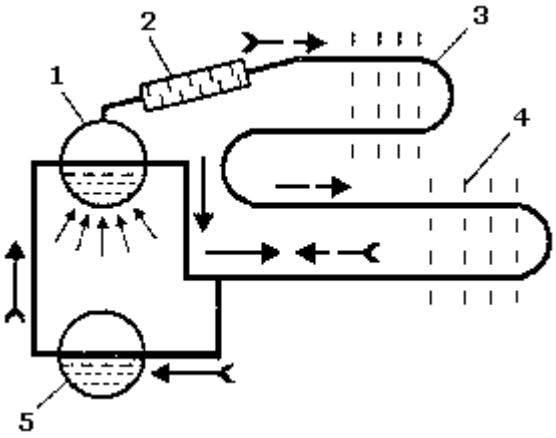
Для захисту внутрішньої поверхні труби холодильної установки від корозії в розчин вводять хромат натрію (Na2CrO4) в кількості близько 2% від маси завантаження. Водний розчин аміаку готують шляхом змішування аміаку і двічі дистильованої води.

Холодильна установка розташована на задній стінці холодильної шафи, а випарник - всередині холодильної камери.

Абсорбційно-дифузійна Холодильна установка складається з безшовних труб, з'єднаних газовим зварюванням. Основний компонент установки: генератор-призначений для отримання парів аміаку і підняття слабкого роса на висоту його скидання в абсорбер. Конденсатор-призначений для зрідження парів аміаку. Випарник призначений для випаровувань рідкого аміаку з утворенням холоду. Абсорбер призначений для поглинання парів аміаку водним розчином аміаку (процес абсорбції).Електричний нагрівач (10) запускає подачу води для нагрівання водного розчину аміаку в генераторі.

Принцип роботи холодильної установки абсорбційного типу полягає в наступному. Концентрований розчин постійно нагрівається в котлі 1 (рис. 1). 2.1)

до температури кипіння за допомогою джерела тепла (електрика, газ і т.д.).



1 - кип'ятильник; 2 – дефлегматор; 3 - конденсатор: 4 - випарник; 5 - абсорбер

Рисунок 2.1 - Схема холодильних агрегатів типу абсорбції:

Оскільки температура кипіння холодоагенту значно нижче температури кипіння розчинника абсорбенту, в процесі випаровування концентрованого розчину концентровані пари холодоагенту з невеликою кількістю розчинника виводяться з котла в обхід. По дорозі в конденсатор концентрований пар холодоагенту проходить через спеціальний теплообмінник (дефлегматор2), де відбувається окрема конденсація концентрованого пара холодоагенту. Утворений при цьому конденсат стікає в слабкий розчин, що виходить з котла, а більш концентрований пар холодоагенту надходить в конденсатор 3. Висококонцентровано рідкий холодоагент із конденсатора надходить у випарник 4, де він закипає при мінусовій температурі і відбирає тепло у холодильника. Слабкий розчин з котла надходить в абсорбер 5 і охолоджується навколишнім середовищем до температури початку абсорбції. Пари холодоагенту, що виходять з випарника, а також надходять в абсорбер назустріч рухомому охолодженому розчину. В абсорбері здійснюється процес абсорбції (поглинання) парів холодоагенту слабким розчином. При цьому деяка кількість поглиненого тепла (витіс-

нення) виділяється в навколишнє середовище. Концентрований розчин теплового насоса, що утворюється в абсорбері, передається в котел.

Циркуляція розчину і теплоносія здійснюється безперервно під час роботи котла і теплового насоса, які нагріваються від одного джерела тепла. Таким чином, в абсорбційній установці безперервного охолодження роль всмоктувальної частини механічного компресора виконує всмоктувальна частина, а нагнітальну частину виконує тепловий насос.

Для підвищення ефективності холодильного циклу абсорбційних чилерів також використовуються рідинні і парові теплообмінники, які знижують непродуктивні втрати тепла.

Електронагрівач холодильної установки виготовлений з дроту з ніхромового сплаву Х20Н80-Н-1-0,25, скрученої в спіраль, на яку натягнута порцелянова втулка4. Спіраль вставлена в металеву втулку 1, яка виконана з трубки. Вільний простір поміж внутрішньою поверхнею гільзи і спіральної втулкою заповнюється піском 3. Довжина гільзи становить 200...250 мм, діаметр 20...25 мм з одного боку, гільза щільно закрита. Нагрівальний елемент вставляється у відкриту частину корпусу на ділянці довжиною 150 м на відстані 5 мм від кінця корпусу. Кінець спіралі підключається до вимикача живлення або термостата.

2.2 Призначення абсорбційно-дифузійного холодильника з нагрівальною ка-мерою

Нагрівальна камера (НЕ) використовується для нагріву продукту до заданої температури і різних видів обробки, в результаті якої продукт набуває нові властивості і структуру (сушка, копчення, ферментація і т.д.).

У повсякденному житті одним з найбільш поширених видів обробки харчових продуктів є кисломолочна ферментація - процес отримання кефіру і кислого молока з кислих бактерій, його важлива активність знаходиться в межах 30...55°С

Досить поширеним процесом є приготування сиру в домашніх умовах. Для виробництва кисломолочних сирних продуктів пастеризоване молоко охолоджують до температури 30...Додайте 34 о С і 5%-ву закваску, ретельно перемішайте з молоком, додайте в розчин хлорид кальцію і суху закваску. Щільний згусток, який утворюється через 6...8 годин, розріжте на шматочки. Після 1 години витримки сироватку зливають, а згусток поміщають в самоущільнюється пакет.

Крім того, нагрівальний елемент можна використовувати при приготуванні тіста для випічки кулінарних виробів. Як Ви знаєте, дріжджове тісто готується як на заквасці, так і без неї. При приготуванні опари на дріжджах змішайте частину борошна і води і дайте їй заграти протягом 2 годин... При температурі 27 градусів - 3 години... 30 °С потім додайте в опару інші інгредієнти, зазначені в рецепті, замісити тісто і залиште на 1...1,5 години для бродіння. При способі приготування з антипригарним покриттям всі інгредієнти вводяться одночасно з дріжджами, тісто збивається і бродить протягом 3...4 годин. Цей спосіб значно економить час, але продукт не завжди виходить досить якісним.

Надалі нагрівальну камеру можна буде використовувати і для калібрування формованих виробів перед їх випічкою. Расстойку проводять при температурі 30°С... 32. 25.. Залежно від маси зразка - 120 хвилин. Завершення калібрування визначається зростанням тестових заготовок і придбанням ними правильної форми.

У камері нагріву ви можете освіжити хліб, розігрів його до 60°С - зерна крохмалю знову набухають і еластичність хлібної маси відновлюється.

Процес черствіння також характерний для формочок для макаронних виробів і пластівців, які недовго зберігаються при кімнатній температурі. Розігрів цих страв до температури 60 °С відновити їх первісну якість. Нагрівальна камера також використовується для розігріву 1-го і 2-го страв. Використання такого типу приміщення, що обігрівається безпечно навіть для дітей молодшого шкільного віку.

Важливою областю застосування нагрівальної камери є сушка фруктів, овочів, риби, грибів і лікарських трав при температурі 40°С...У процесі сушіння при температурі 70°С кількість вологи в продукті значно зменшується, що допомагає продовжити термін його зберігання. Мінімальна вологість, при якій можуть розвиватися бактерії, становить 25-30%, а для цвілі потрібно вологість не менше 10%. У процесі сушіння вологість овочів і фруктів становитиме 8%... До 25%, або іншого рівня, який зупиняє розвиток мікроорганізмів.

Сушка не тільки дає можливість надовго зберегти активні біологічні речовини в продукті, але і дозволяє насолоджуватися смачним продуктом. Отже, сушатьфрукти. Яблука великого і середнього розміру сушать четвертинками або часточками. Курагу готують з яскраво забарвлених плодів абрикосів сухих сортів, з щільною м'якоттю, яку легко відокремити від кісточки. Сушені абрикоси діляться на абрикоси (цілі плоди з кісточками), кайса (цілі плоди без кісточок) і курага (половинки плодів). Сушені сливи готують з сортів ренклод і Угорка.

Сушену вишню готують з м'ясистих сортів темного кольору зі значним вмістом сухих речовин. Сушений виноград готують з винограду сухих сортів зі значним вмістом сухих речовин і тонкою шкіркою. Сухий виноград, отриманий з сортів без кісточок, називається кишмиш, а з сортів з кісточками - родзинки.

Рибу можна сушити і коптити в приміщенні, що обігрівається. В'ялену рибу готують шляхом зневоднення шляхом штучної або природної сушки в холодному стані при температурі нижче + 35 °С. сушать тільки слабосолену або несолону рибу 2... Вміст жиру не більше 3 відсотків.

Багато людей заготовляють Лікарські рослини в домашніх умовах. Рослини, що містять ефірні масла, сушать при температурі не вище 25°С... 30 ° з; рослини, що містять алкалоїди і глікозиди, – при температурі +50°С... Соковиті плоди сушать при більш високій температурі - 60°С. – 70... Корінь на 80 ос, а корінь на 40... На 50 млн.найчастіше готують з плодів шипшини, глоду, звіробою, квіток ромашки, деревію, календули, материнки та інших трав.

За допомогою нагрівальної камери можна розм'якшувати вершкове масло і маргарин при замісі різних видів тіста (+33...35℃), сушінні дріжджів, насіння соняшнику, зерна для знищення комах, приготуванні трав'яних настоїв на пару і так далі.

Для реалізації цих технічних процесів Максимальна температура не повинна перевищувати 70°С, тобто при проектуванні нагрівальної камери необхідно орієнтуватися на такий температурний рівень. У технічному режимі, коли температура в нагрівальній камері становить менше 70°С, можна використовувати пристрої, що дозволяють відводити тепле повітря поза межі камери, наприклад, заглушки, засувки і т. д.

З усіх типів найсучасних побутового холодильного обладнання елементи абсорбційного дифузійного холодильника (ADHM) мають температурний потенціал, такий як верхня частина генераторної трубки, випрямляч та дезінфікуючий засіб.

2.3 Розробка конструкцій елементів схеми побутового холодильника з додатковими нагрівальними камерами

Найпростішим за конструкцією є схема з проміжним пристроєм теплопередачі, яке зводить до мінімуму зміни складу деки морозильної камери в абсорбційно-дифузійному холодильнику

В основах цих приладів лежить виробництво абсорбційної холодильної камер, в яких значні експлуатаційні характеристики обезбезпечуються за рахунок прямої (без проміжкових теплопередаючих елементів) теплових зв'язків між теплообмінниками і тепловою камерою абсорбера, тим самим розширюючи температурний діапазон теплової обробки продукту в холодильній камері. теплова камера абсорбційного холодильника.

Вони вирішили поставлене завдання. Термокамера з'єднана з пристроєм дефрагментації і бойлером холодильних установок теплових трубок для переда-

чі тепла від нагрітого пристрою дефрагментації в термокамеру.

2.3.1 Конструкція теплової труби для абсорбційно-дифузійного холодильника з додатковою функцією

Ефективність вирішення поставленого завдання підвищується за рахунок того, що внутрішня поверхня теплової камери термічно з'єднана з зовнішньою поверхнею дна коробки за допомогою теплової труби або термосифона. Використання термосифонів або теплових трубок з низькою внутрішньою тепловіддачею найбільш ефективно на великих відстанях.

При такій конструкції тепло від дефлектора абсорбера передається по внутрішній поверхні в теплову камеру завдяки теплопровідності матеріалу. Ефективність такого процесу залежить від товщини стінки і довжини теплової трубки. Використання додаткових теплових з'єднань у вигляді теплових сифонів і теплових трубок дозволяє зменшити товщину внутрішньої стінки, особливо у великих моделях.

2.3.2 Ропзрахунок конструктивних розмірів теплової труби

Передача тепла через гніт відбувається за рахунок теплопровідності випарної і конденсаційної частин труби. Передача тепла конвекцією всередині сердечника невелика в порівнянні з передачею теплопровідності. Отже, перепад температури теплової трубки пропорційний локальному значенню теплового потоку, товщині пористого гніту і обернено пропорційний ефективної теплопровідності матеріалу гніту і корпусу гніту

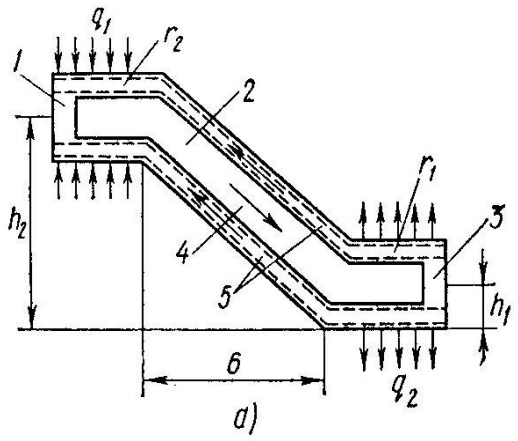
$$\Delta t = \frac{q_м \delta_ф}{\lambda_е} \qquad (2.1)$$

Теплопередача відбувається при поверхневому випаровуванні рідини з пір сердечника і при її кипінні в порах. Останнє призводить до обмеження потужності, що передається по тепловій трубі, для настання критичного кипіння. У тепловій трубі пар знаходиться в стані насичення. Рідина у випарній частині теплової трубки перегрівається до стану пари через викривлення межі розділу рідина-пара в порах при наявності радіального температурного поля. Зона максимального перегріву рідини знаходиться в контакті з гнітом і корпусом теплової трубки. Коли цей перегрів стає помітним, рідина в гніті може почати закипати.

У разі пористої серцевини, що має заданий розподіл пір по радіусу (металокераміка, розпушувач, металевий повсть і т.д.).) межа для передачі теплового потоку через кризового кипіння виникає при появі тонкої плівки пара між поверхнею нагріву і капіляром пористе тіло. Товщина парового шару визначається не товщиною пористого тіла, а розміром пір або частинок, з яких виготовлений пористий матеріал серцевини. Кипіння пінистої рідини в пористій серцевині значно покращує процес теплопередачі в порівнянні з теплопередачею за рахунок теплопровідності і конвекції (теплообмін в кільці зони конденсації). Кипіння рідини в гніті досягається при невеликому перепаді температур, що забезпечує значний тепловий потік при термодинамічно сприятливих факторах.

Через взаємодію різних процесів теоретичний опис роботи теплової труби є досить складним. Розрахунок труби заснований на рівнянні динаміки потоку рідини і пари, кінетиці фазового переходу на поверхні поділу рідини і пари і передачі енергії в капілярно–пористому тілі. Застосовуються різні напівемпіричні залежності.

Наприклад, розрахунок теплопередачі базової моделі труби (рис. 2.1) виконується з використанням наступного виразу для оптимального вироблення потужності теплового потоку N на довжину труби



:

1 – випарники; 2 – канали парові; 3 – конденсатори; 4 – рідини;

5 – пористі тіла (гніт); 6 – зони адіабата

Рисунок 2.1 – Схема простою теплової труби

$$Nl_{опт} = \frac{q_r \sigma F_n d^2}{16 \nu_n d_p} = \frac{q_r \sigma F_p d_p{}^2}{16 d_p} \qquad (2.2)$$

де q_r - теплоти паротворень; $\lambda = 910$ кДж/кг; σ - сили натягу поверхневих, для спирт σ = 145 Н; F_n - перетини каналу для проходжень пари; d_p - перетини гніту; ν_n - в'язкість кінематичної пари; d_n - гідравлічні діаметри каналу парових; d_p - діаметри гідравлічних капілярів для рідин; d_p = 100 мм; ν_p - в'язкості рідин, ν_p = 235 стокс.

В якостях теплоносіїв вибираються спирт етиловий. Температура кипіння спирту при 760 мм рт.ст. дорівнює нулю. Знайдіть перепад температури на кінці трубки та виберіть діаметр трубки.

$$\Delta t = \frac{2t\sigma}{q_r \rho_n d_p}, \qquad (2.3)$$

де ρ_n - густини пари; ρ_n = 25 кг/м^3; t - температури у випарнику трубки . t = 65 ^{0}C.

$$\Delta t = \frac{2 \cdot 65 \cdot 125}{910 \cdot 25 \cdot 0,0004} = 15\ ^0\text{C}.$$

На основі цих розрахунків будується діаграма (рис. 1). 2.2). Перетин прямої лінії (Р р) і гіперболи () відповідає оптимальним параметрам труби. Наприклад, для передачі теплового потоку по трубці довжиною 60 см потужністю 100 Вт, діаметром парового каналу 1,4 см, сердечником перетином 0,8 см2, діаметром капіляра 0,04 см різниця температур теплової трубки складе 150°С.

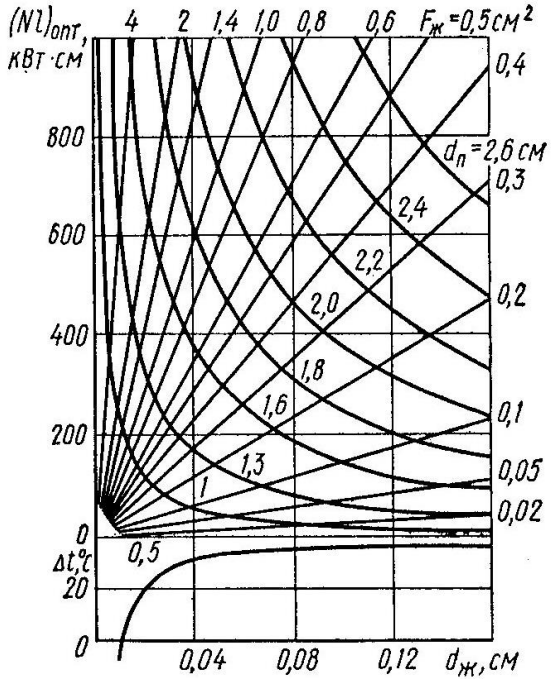


Рисунок 2.2 – Схема вибору оптимальних геометричних параметрів теплової труби

Я розберу теплові трубки для наступних покажчиків.

1) Діапазон температур: Кріогенна трубка-G< 200 К; низькотемпературні

трубки - 200 К < Т < 550 К; трубок середнього діапазону - 550 К < Т < 750 К; високо-температурні трубка - Т >750К.

2) За типом теплоносія: металевий (калій, натрій, срібло і т.д.).Неметалічний (вода, аміак, фреон, Кріогенна рідина, високотемпературний органічний теплоносій-біфеніл, розплав солі, суміш з твердими частинками і т.д.). неметалічний (вода, аміак, фреон, Кріогенна рідина, висока температура).

3) Згідно з параметрами, що характеризують роботу теплової труби, тепловий опір = 0,01... 1 до / Вт; щільність теплового потоку по поперечному перерізу труби =10-15 кВт/см2; щільність радіального теплового потоку =0,1...1,5 кВт / см2; діапазон робочих температур =4...2800 до: Довжина-від декількох сантиметрів до декількох десятків метрів.Діаметр - від 2...3 мм до деки довжиною в кілька метрів.

4) Залежно від типу оболонки і матеріалу гніту: алюмінієва трубка з сітчастим гнітом з нержавіючої сталі або металевого алюмінію; мідна трубка з гнітом з мідної сітки, повсті, кераміки і т. д.

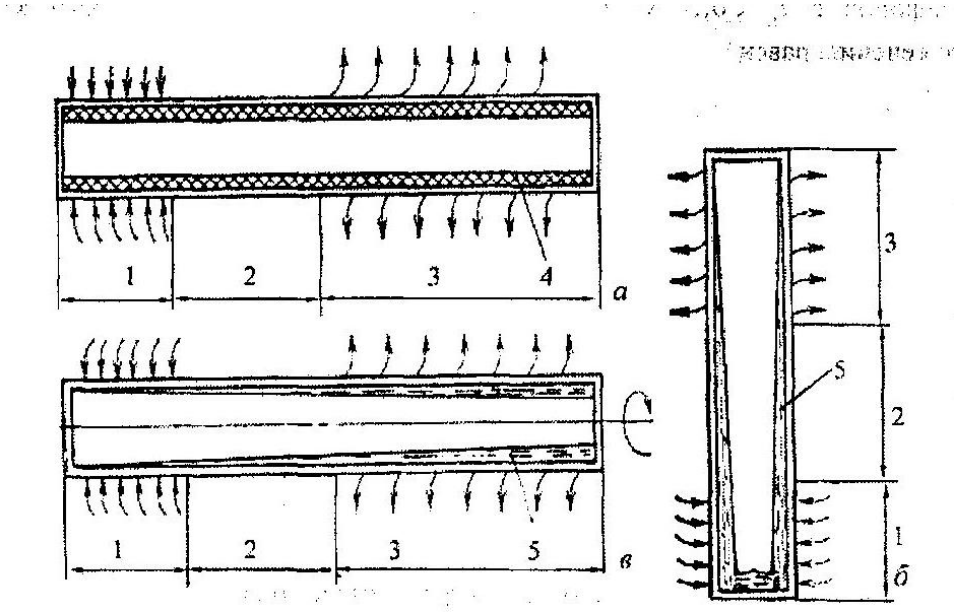
5) 5) в залежності від типу насоса для перекачування рідини із зони конденсації в зону випаровування: теплові трубки з капілярними гнотами; гравітаційні термосифони; відцентрові, електрогідродинамічні і двовимірні трубки.

6) 6) за принципом дії: газорегулююча труба; труба з різним каналом для пари і рідини; труба з закрученим потоком і т. д.

7) за формою корпусу і гніту: циліндричний, плоский, коаксіальний, кільцевої.

2.3.3 Визначень кількості робочої рідини для теплової труби

Рідинна і парова частини теплової труби зазвичай розташовані паралельно і з'єднані з трубчастої конструкцією (рис. 2.3).



1 – випарники; 2 – зони транспортна; 3 – конденсатори;

4 – фетилі; 5 – плівкі рідини

Рисунок 2.3 – Схема випарювальних конденсаторного теплопровода:

а – трубки теплові; б - термосильфони гравітаційний; в – зворотні-осьові термосифони

Коли для обертання конденсату використовується поверхневий натяг, на стінку внутрішньої трубки наноситься капілярна структура (серцевина). Така теплова трубка називається тепловою трубкою (рис. 1). 2.3, а); вони можливі в будь-якому положенні в просторі. Тепловий трубопровід, по якому конденсат повертається в випарник під дією масової сили, називається двофазним тепловим сифоном (рис. 1). 2.3, б).

Для нормальної роботи гравітаційний тепловий сифон поміщається в поле тяжіння з конденсатором у верхній частині. Відцентрові термосифони зазвичай розташовані вздовж осі обертання (відцентрові термосифони, рис. 2.3, в) або перпендикулярно їй (відцентровий радіальний термосифон).

Режим роботи термосифона залежить від ступеня заповнення рідким теплоносієм. Теплоносій наноситься на стінку у вигляді плівки, а при його випаровуванні утворюється пара (режим роботи випарника).

Згідно з роботою, це характеристика ступеня заповнення (- кількість рідини, що заливається; - загальний обсяг термосифона). Якщо > 3%, то надлишковий холодоагент заповнює всю секцію випарника лише на частину її довжини, і при бульбашковому кипінні (режим кип'ятіння) утворюється пара.

Заповнення вертикального термосифона охолоджуючою рідиною може бути здійснено на основі теорії плівкової конденсації. Передбачається, що середня товщина (довжина) плівки в зонах конденсації і випаровування однакова. Розглядаючи транспортні зони, розташовані між ними, як ділянки з фазовим перетворенням (їх ізоляція не ідеальна), необхідно використовувати теплові цикли для передачі заданої теплової потужності.:

$$V_p = 2,32 \cdot l_{\sum} \sqrt[3]{\frac{Pd^2 \nu_p}{r \cdot r_g \rho_p}} \qquad (2.4)$$

де $l_{\sum}$ і d - довжини і внутрішні діаметри термосифону; $l_{\sum}$ = 1,2 м. d = 8 мм; ρ_p, ν_p, r_g - густини, кінематичні в'язкісті та прихована теплоти паротворення рідин. (вище вказано).

Виходячи з цих показників, розрахуйте кількість рідини, яке заливається в теплову трубу.

$$V_p = 2,32 \cdot 1,2 \sqrt[3]{\frac{100 \cdot 0,08^2 \cdot 250}{910 \cdot 987}} = 0,6 \text{ літра.}$$

Термічне випаровування внутрішній опір термосифона визначається за такою формулою::

$$R_в = 0,235 \sqrt[3]{\frac{P\nu_p}{r \cdot r_g \rho_p \left(1/l_в + 1/l_к\right)/\lambda_p}} \qquad (2.5)$$

де $\lambda_p = 1,6 \cdot 10^4$ кВт/м К - коефіцієнт теплопровідності рідини (різниця температур між стінками не враховується).

$$R_в = 0,235 \sqrt[3]{\frac{100 \cdot 250}{910 \cdot 0,008^4 \left(1/0,150 + 1/0,3\right)/1,6 \cdot 10^4}} = 26,7$$

У режимі кип'ятіння теплопередаюча здатність гравітаційного термосифона обмежена критичним явищем, і її прояв залежить від його геометричної форми і умов подачі тепла. При постійному питомому тепловому навантаженні () виникає серйозна ситуація через порушення стабільності лінійного руху пари і рідини вздовж осі.

Коли внутрішній діаметр термосифона збільшується з 20 мм до 30 мм, відбувається перехід від лінійного режиму подачі води, метанолу і фреону до кільцевого режиму, а лінійний режим подачі термосифона менше 20 мм помітний тільки в діапазоні середньої товщини 0,4 мм... У той же час для термосифона загальною довжиною =500 мм критична ситуація з теплопередачею відповідає <10 мм. При виконанні граничної умови t=const mm несправність теплового сифона виникає через утворення парової плівки на поверхні нагріву, і граничний тепловий потік, що надходить на поверхню в місці випаровування, розраховується за наступним рівнянням:

$$q_{\max} = 0,14 c^2 r \sqrt{\rho_n \sigma K_ф} \left(0,4 + 0,012 d \cdot K_ф\right) \qquad (2.6)$$

Ці формули апроксимуються отриманням даних для води, етанолу, фреону-113, перфтордібутілового ефіру при d = 10...22 мм, $l_в / d = 4,5...16,5$, $l_к / d = 4,5...25$. $2 \le dK_ф \le 60$ та $\Omega = 10...60\%$.

Коефіцієнт $c = A\left(l_в / d\right)^{-0,55} \left(l_к / d\right)^{-0,55} \Omega^n$ враховуєм герметизації термосифона та

його заповнення (при $\Omega \le 35\%, A = 0,538, n = 0,13$,

при $\Omega \ge 35\%, A = 3,54, n = -0,37$.

$$K_{\phi} = \sqrt{g\left(\rho_p - \rho_n\right)/\sigma} \tag{2.7}$$

$$K_{\phi} = \sqrt{9,81\left(987 - 25\right)/250} = 37$$

$$q_{\max} = 0,14 \cdot 2,3^2 \sqrt{25 \cdot 250 \cdot 37}\left(0,4 + 0,012 \cdot 0,008 \cdot 37\right) = 123 \text{ Вт/см}^2.$$

Для нормальної роботи термосифона в режимі кип'ятіння охолоджуюча рідина повинна відповідати 2 умовам: ступеня заповнення випарника і товщині плівки = 0,3 мм.в іншому випадку стінки термосифона в центральній частині зони випаровування будуть перегріватися.

При виборі системи наповнення термосифона рекомендується приймати її на 2...10% нижче значення, відповідного масі рідини, тут вказано питома обсяг теплоносія в критичному стані. Це значення становить 31,5% для води, 33,4% для етанолу та 38,4% для аміак. Якщо довжина зони теплопостачання термосифона відносно велика, необхідно вказати мінімальне значення, яке дає незначна зміна ступеня об'ємного заповнення термосифона рідкою фазою в межах робочого температурного діапазону.:

$$\varepsilon = \frac{v_p\left(\Omega v_n - v_{p20}\right)}{v_{p20}\left(v_n - v_p\right)} \tag{2.8}$$

де v_p і v_n - питомі об'єми рідин і пари при температурі робочій; v_{p20} те ж значенні при температурі 20 °С, для якої звичайно визначається Ω.

Основні енергетичні параметри теплової трубки використовуються в холодиль-

никах з комбінованими камерами:

- діапазон температур теплової трубки становить 4-2300К.

- теплопередающая здатність теплової трубки становить до 20 кВт на квадратний сантиметр.

- термін служби складає більше 20 000 годин.

2.4 Процес виробництва теплових трубок

Оскільки безпосереднім попередником теплової трубки був термосифон, рекомендується спочатку розглянути принцип роботи цього пристрою. Береться трубка. В середину її закачується невелика кількість рідини, відкачується повітря і герметизується. Коли тепло переноситься в зону випаровування, рідина перетворюється в пар, тиск насичення цієї пари в цій зоні різко підвищується, пар переміщається в зону з більш низьким тиском, розріджується і утворює стінки необхідною робочою умовою є відведення тепла із зони конденсації. У зоні випаровування неприпустимий перегрів, так як може статися критичне закипання.

Недоліком термосифонів є те, що вони можуть працювати тільки у вертикальному положенні. Для того, щоб конденсат обертався в зоні випаровування в кожному напрямку системи теплопередачі, гравітаційне поле повинно бути замінено будь-якою другою силою. Капілярна сила, що виникає в результаті змочування пористого матеріалу (серцевини) рідиною, використовувалася в якості сили для підйому конденсату, що протидіє силі тяжіння.

Тому для вакуумування теплової труби холодильної установки перед заправкою фреоном був використаний холодильний компресор l57tn. Він був трохи вдосконалений для використання в якості вакуумного насоса.

Рисунок 2.4 - Компресор L57TN

До лінії всмоктування був припаяний осушуючий фільтр для видалення вологи з повітря, що перекачується. Це зроблено для того, щоб виключити насичення масла в компресорі вологою з повітря. Також для зручності була підключена манометрична станція, а до компресора припаяний клапан-подрібнювач. Аналоги цих клапанів можна побачити в газових запальничках. У холодильних установках такі клапани використовуються для діагностики та заправки.

Візьміть мідну трубку і припаяйте клапан подрібнювача. Це робиться для підключення трубки через манометричну станцію до компресора для вакуумування. Манометр можна використовувати для контролю ступеня розрідження.

Рисунок 2.4 - Робочий інструмент для пайки теплової трубки

Засунути в трубки теплову екран від дроту.

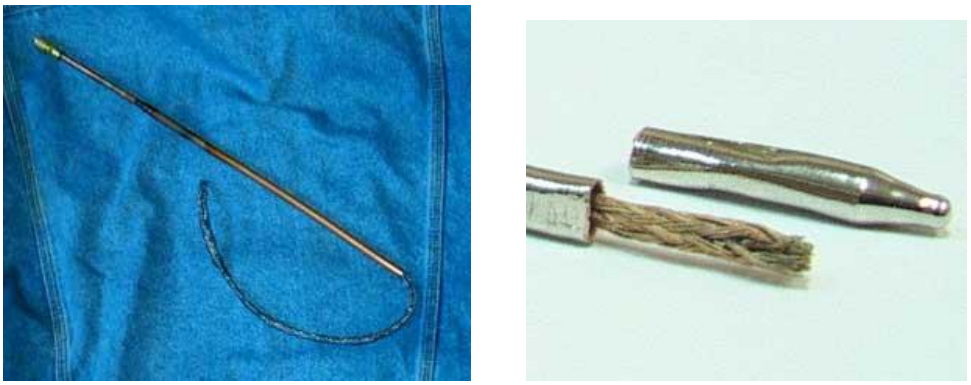


Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд трубок і всередині з гнотом

Наберіть в трубку води. Потім за допомогою спеціального пристосування для перекушування стисніть теплову трубку і припаяйте кінець трубки для додання їй ультрадіючого ефекту.

Рисунок 2.6 – Закусувач

Охолодіть нагрівальну трубку льодом. Як тільки вода замерзне, прокачайте повітря через клапан за допомогою вакуумного насоса, який ви виготовили самі. Потім закрийте трубку біля клапана подрібнювача і знову припаяйте її. У холодильній техніці використовуються відпалені мідні трубки діаметром до 8 мм, вони досить гнучкі і можуть бути будь-якої довжини.

Помістіть трубку в ємність з водою і оберніть дно трубки вологою ганчіркою.

Рисунок 2.7 - Паяння із закусувачем

Після пайки помістіть трубку в холодне місце з температурою близько -16 0 °C. притисніть трубку затискачем до випарника, увімкніть фреоновий насос і заморозьте її через кілька хвилин. Щоб уповільнити танення води в трубці, її потрібно заморозити, наливши воду в алюмінієву чашку. Вставте трубку в манометричну установку разом з чашкою для заморожування.

Рисунок 2.8 – Станції для паяння трубки теплової

Потім зніміть гумову заглушку з випускного патрубка і включіть компресор. Закріпіть патрубок компресора заглушкою. Решта 2 патрубка закриті запаяним клапаном-подрібнювачем. Увімкніть компресор. На фотографії стрілка

манометра зліва починає рухатися вниз. Компресор відкачує повітря з патрубка. Перекрийте кран на станції вимірювання тиску і вимкніть компресор. Потім пристрій перетискає трубку. Викрутіть гвинти зі станції. Для тестування ми використовуємо цифровий термометр Hardcano.

Висновки до другого розділу

У цьому розділі були розроблені конструктивні елементи схеми побутового холодильника з додатковими функціями, зокрема, проведено розрахунок теплових трубок з комбінацією абсорбційно-дифузійних холодильників, визначені Конструктивні розміри яких.

Розрахунки проводяться для визначення кількості робочої рідини для теплової трубки.

У даній роботі показаний спосіб приєднання теплової труби до пропонованої конструкції абсорбційного холодильника з нагрівальною камерою.

3 Розрахунок теплових параметрів абсорбційно-дифузійного холодильника з нагрівальною камерою

3.1 Розрахунок теплового потоку через циліндричну стінку дефляційного лічильника

Випрямляч-виконує теплові розрахунки, щоб визначити, чи правильні припущення щодо використання теплових трубок для передачі тепла від дефляційного лічильника до нагрівальної камери. Це полягає в тому, що теплопередача через циліндричні стінки визначається для стаціонарного стану.

Вихідні дані для розрахунку:

В якості прототипу модернізації був прийнятий холодильник" Фрост " ASH-120.

Споживана потужність - 123 Вт, габарити - 1100х560х610 мм, Вага-60 кг.

Установка заповнюється водним розчином аміаку і воднем під тиском 1,47～1,96 МПа.

Концентрований Водний розчин аміаку з початковою концентрацією близько 35% нагрівається до температури 55°з за допомогою електричного нагрівача (Тена) в термосифоні... Залежно від режиму роботи холодильника - 175 °С.

Температура кипіння спирту становить 760 мм рт. СТ. з

Теплота випаровування спирту, кДж / кг.

Температура стінки дефлегматора поруч з генератором становить 780°С.

Стіна видно зсередини з внутрішнім діаметром DH = 9 мм, який називається =10 м і ділиться на довжину L, як шовний матеріал (рис. 1).3.1). Таким чином, ви можете відводити тепло від краю стіни. Внутрішню поверхню промивають гарячим спиртом-теплоносієм з параметром tpo1, а внутрішню перфорують амиатиниловой каніфоллю з термічним параметром tpo2.

1, =2 = 9 ккал/(середня температура на середньому м2 за рік.

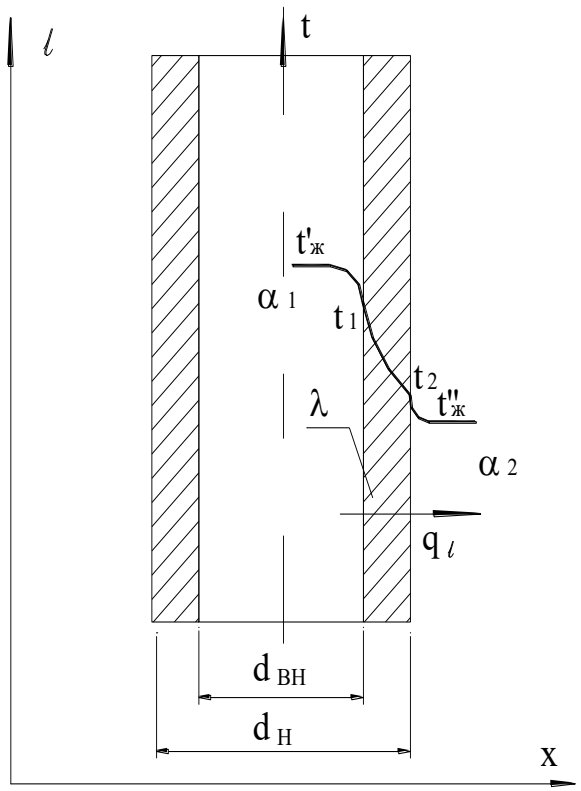


Рисунок 3.1 - Температурні поля в стінці циліндричній

Температура tw і T і т. д. w не змінюється, а стінки трубок залишаються однорідними. Матеріал стіни має коефіцієнт теплопровідності = 1,6 104 кВт/мК, постійну температуру на внутрішній і зовнішній поверхнях стіни T1 і t2 відповідно. Процес теплопередачі є стаціонарним, тобто лінійна щільність теплового потоку і лінійна щільність від більш нагрітого теплоносія до менш нагрітого теплоносія:

$$\begin{cases} q_l = \pi\ d_{BH}\alpha_1(t'_Ж - t_1); \\ q_l = \dfrac{2\pi\ \lambda}{ln\dfrac{d_H}{d_{BH}}}(t_1 - t_2); \\ q_l = \pi\ d_H\alpha_2(t_2 - t''_Ж). \end{cases} \quad (3.1)$$

Звідси можна записати,

$$t'_{Ж} - t''_{Ж} = \Delta t = q_l = \left[\frac{1}{\pi\ d_{BH}\alpha_1} + \frac{1}{2\pi\ \lambda} ln \frac{d_H}{d_{BH}} + \frac{1}{\pi\ d_H \alpha_2} \right]$$

$$t'_{Ж} - t''_{Ж} = \Delta t = q_l = \left[\frac{1}{3{,}14 \cdot 0{,}009 \cdot 9_1} + \frac{1}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 1{,}5 \cdot 10^4} \ln \frac{0{,}01}{0{,}009} + \frac{1}{3{,}14 \cdot 0{,}01 \cdot 9} \right] =$$

$$= 70^{\circ} C$$

$$t'_{Ж} - t''_{Ж} = \Delta t = 70^{\circ} C$$

Ми можемо бачити, що температура t всередині теплової трубки така ж, як і температура водного розчину аміаку $t''_{Ж} = 153\ ^0C$.

$$t'_{Ж} = 153 - 70 = 83^0 C$$

Визначте лінійний тепловий потік, що проходить через циліндричну стінку

$$q_l = \frac{\Delta t}{\frac{1}{\pi\ d_{BH}\alpha_1} + \frac{1}{2\pi\ \lambda} ln \frac{d_H}{d_{BH}} + \frac{1}{\pi\ d_H \alpha_2}}, \qquad (3.2)$$

чи

$$q_l = k_l \Delta t, \qquad (3.3)$$

де k – коефіцієнти лінійний теплопередачі.

$$k_l = \frac{1}{\frac{1}{\pi\ d_{BH}\alpha_1} + \frac{1}{2\pi\ \lambda} ln\frac{d_H}{d_{BH}} + \frac{1}{\pi\ d_H\alpha_2}}. \quad (3.4)$$

$$k_l = \frac{1}{\frac{1}{3,14\cdot 0,009\cdot 9} + \frac{1}{2\cdot 3,14\cdot 1,64\cdot 10^4}\ln\frac{0,01}{0,008} + \frac{1}{3,14\cdot 0,01\cdot 9}} = 0,014 \text{ Вт/м } ^0\text{C}$$

$$q_l = 0,014\cdot 70 = 0,98$$

В цьому випадку, якщо різниця температур між теплоносіями дорівнює 1 градусу, то чисельне значення визначає потужність теплового потоку, який переходить від 1 теплоносія до іншого теплоносія по трубі довжиною 1 метр.

Потужність теплового потоку, що проходить через трубу довжиною L = 1,2 м, визначається наступним рівнянням::

$$Q = q_l \cdot L = k_l \cdot L \cdot \Delta t, \quad (3.5)$$

І становить,

$$Q = 0,014\cdot 1,2\cdot 70 = 120 \text{ Вт}$$

Тепловий опір теплопередачі є лінійним і дорівнює:

$$R_l = \frac{1}{\pi\ d_{BH}\alpha_1} + \frac{1}{2\pi\ \lambda} ln\frac{d_H}{d_{BH}} + \frac{1}{\pi\ d_H\alpha_2} = R_1 + R_2 + R_3. \quad (3.6)$$

Використовуючи наведене вище рівняння, можна отримати значення температури циліндричної стінки і записати його у вигляді системи рівнянь:

$$\begin{cases} t_1 = t'_{Ж} - q_l \dfrac{1}{\pi\, d_{ВН} \alpha_1}; \\ t_2 = t'_{Ж} - q_l \left[\dfrac{1}{\pi\, d_{ВН} \alpha_1} + \dfrac{1}{2\pi\, \lambda} \ln \dfrac{d_H}{d_{ВН}} \right]. \\ t_2 = t''_{Ж} + q_l \dfrac{1}{\pi\, d_H \alpha_2} \end{cases} \quad (3.7)$$

$$\begin{cases} t_1 = 83 - 0{,}98 \dfrac{1}{3{,}14 \cdot 0{,}008 \cdot 9} = 78{,}6^0 C \\ t_2 = 83 - 0{,}98 \left[\dfrac{1}{3{,}14 \cdot 0{,}008 \cdot 9} + \dfrac{1}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 1{,}6 \cdot 10^4} \ln \dfrac{0{,}01}{0{,}008} \right] = 151^0 C \\ t_2 = 153 + 0{,}98 \dfrac{1}{3{,}14 \cdot 0{,}01 \cdot 9} = 150^0 C \end{cases}$$

3.2 Розробка нагрівальної камери

3.2.1 Принцип роботи комбінованих холодильників з нагрівальною камерою

На малюнку 3.2 показано поперечний переріз комбінованого холодильного агрегату (КХА) з повітряної теплової камерою (вид збоку).

Пристрій включає в себе теплоізольований шафа, який розділений на теплову камеру 2 і холодильну камеру 31. На задній стінці шафи 1 встановлений абсорбційний холодильник, який включає в себе ізольований кожух 4, генератор, закритий рідинним теплообмінником 5. Абсорбер 6, являє собою приймач 7 рідкого розчину. У верхній частині морозильної камери 3 розташований випар-

ник 8, газовий теплообмінник 9, трубопровід для відводу аміаку 10, ребристий повітряний конденсатор 11 і випрямляч-дефрегматор.

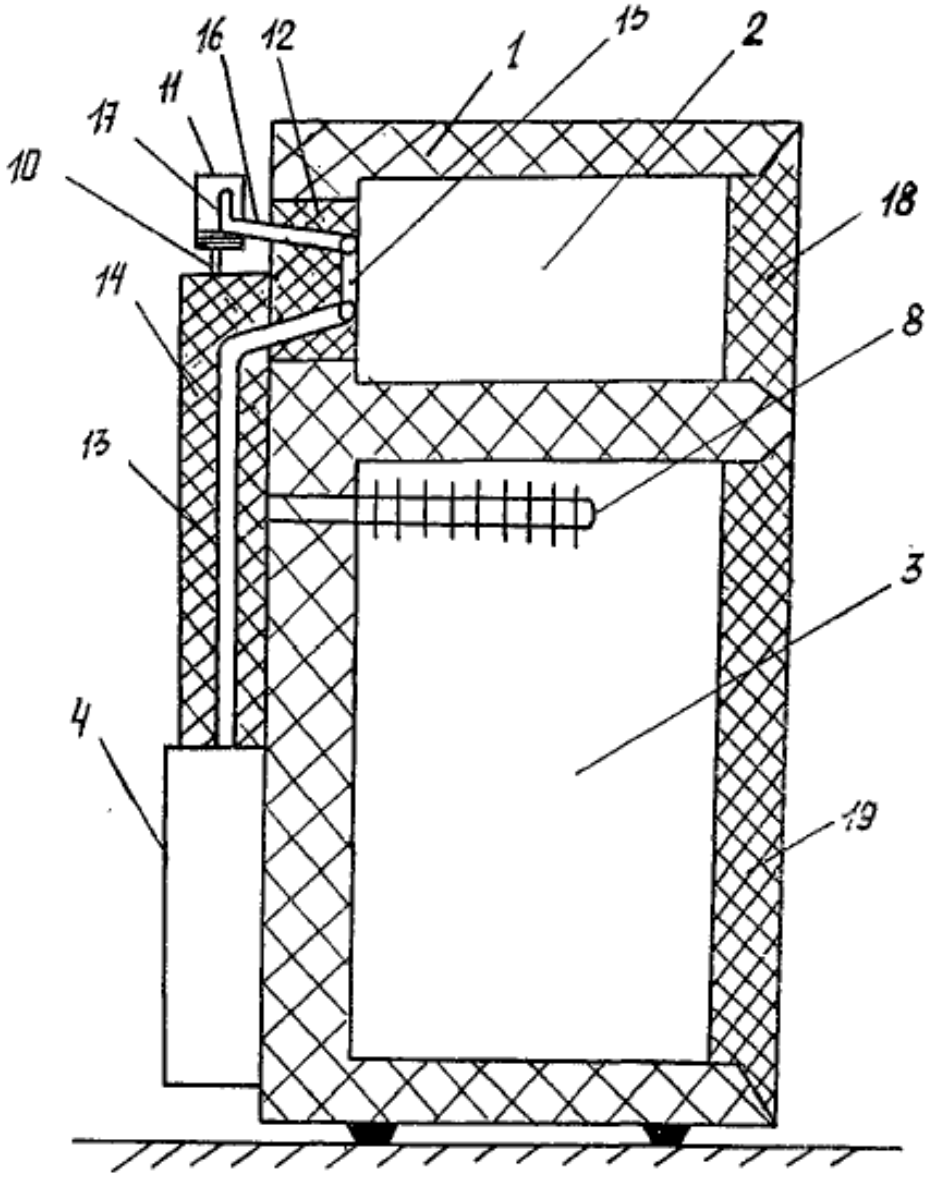


Рисунок 3.2 – Абсорбційний холодильник з камерою

Термокамера 2 має на задній стінці проріз, в яку встановлюється теплоізоляційний блок 12. Вона виконана у вигляді коробки. Початкова частина дефрагментатора між блоком 1 2 і корпусом 4 1 3 покрита ізоляцією 1 4. Випрямляч-центральна частина дефрагментатора 15 розташована в обсязі блоку 12 і з'єднана з його днищем, виконаним з металу з високою теплопровідністю. Вихідна частина 16 дефляційного пристрою і початкова частина 17 конденсатора

розташовані зовні блоку 12. Камери 2 і 3 мають окремі ізольовані двері 18 і 19 відповідно. Дно короба 20 повітряної камери 2 має теплове з'єднання з днищем блоку 12, а короб 21, заповнений водою (або іншою рідиною) 22, має теплове з'єднання з днищем короба 12 через бічні стінки терможідкостной камери 2 має теплоізольовану верхню кришку 23. Для прискорення процесу теплообміну на внутрішній поверхні теплової камери встановлені вертикальні прямі ребра 24, а також теплові трубки і термосифони Г-образного (квадратного) типу. Конденсуюча секція 25 теплової труби або теплового сифона розташована на бічній стінці теплової камери, а випарна секція 35 розташована в зоні дефлегматора абсорбційного холодильника.

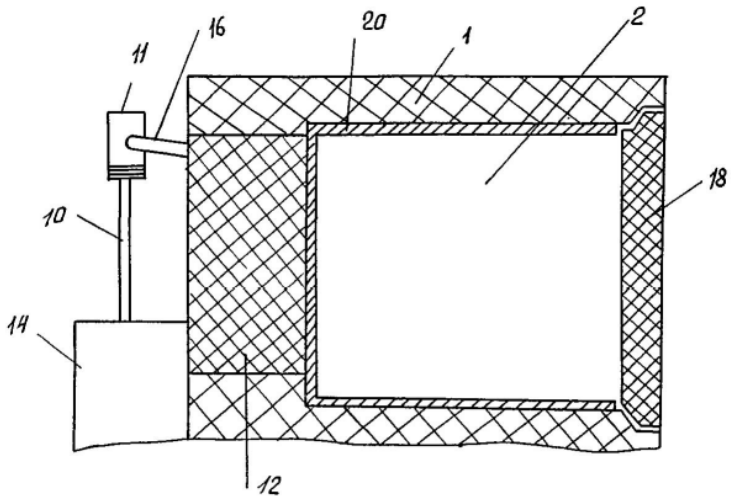


Рисунок 3.3 – Камера нагрівальних абсорбційного холодильника

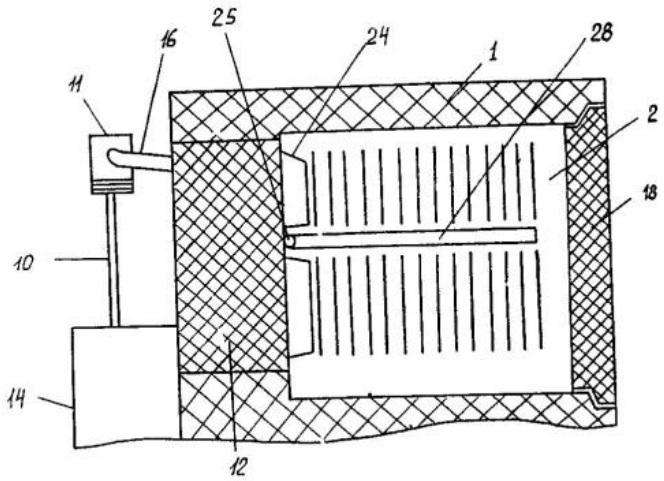


Рисунок 3.4 – Камера нагрівальних абсорбційного холодильника

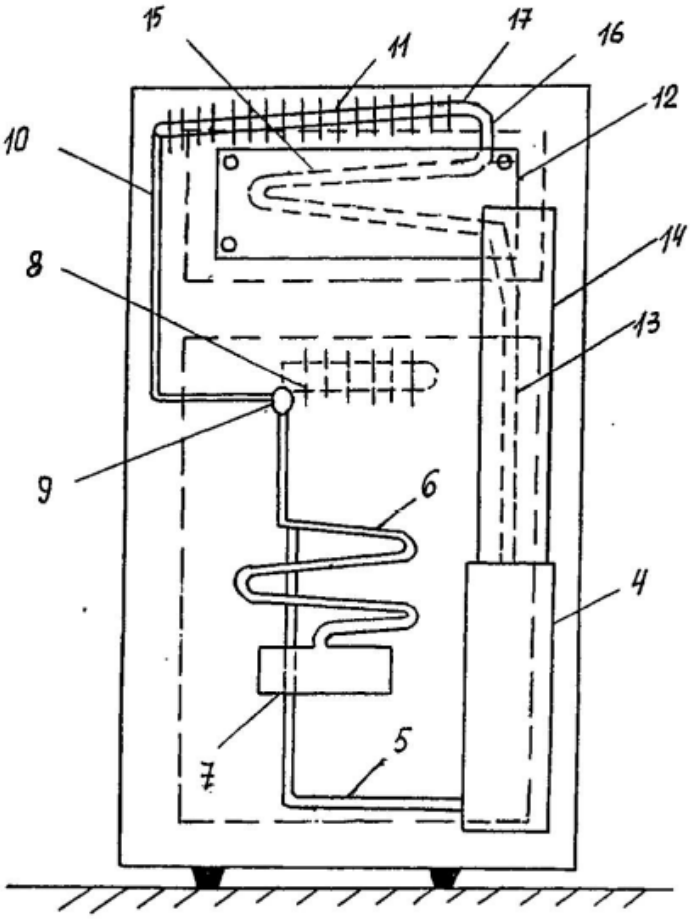


Рисунок 3.5 - Вид камер теплових з елементів прискорення теплообміну

Робота абсорбційно-дифузійного холодильника в складі термокамери здійснюється наступним чином.

При подачі теплового навантаження на генератор абсорбційно-дифузійного холодильника Водний розчин аміаку випаровується, збіднений Водний розчин аміаку подається на вхідний рівень абсорбера 6 (його верхню частину). На виході з генератора температура пари і збідненого водного розчину аміаку становить 160°С...Перед надходженням в абсорбер збіднений Водний розчин аміаку розподіляється через рідинний теплообмінник 5. В процесі регенеративного теплообміну міцний Водний розчин аміаку нагрівається в ресивері 7 і теплообміннику 5, виконаних за типом "труба в трубі", а слабкий водний розчин аміаку охолоджується. Парогазова суміш, що утворюється в генераторі, складається з парів аміаку і води. Очищення суміші від водяної пари здійсню-

ється в апараті для видалення мокротиння (виділення мокротиння).

Для підтримки потенційної критичної температури початкова частина дезінфікуючого засобу 13 покрита ізоляцією 14. Повністю знизити тепловтрати з секції 13 неможливо. При цьому їх величина незначна, і при використанні пресованої базальтової вати в якості утеплювача для корпусу товщиною 120 мм перепад температури в секції 13 дефляційного лічильника не перевищує 5° C.In на середній 15-й і початковій 16-й секціях пристрою для випуску пари суміш розріджується з виділенням тепла випаровування. Тут джерелом "холоду" є елементи теплової камери, в основному внутрішній корпус 20, тобто повітряна камера і рідинна камера 21. З внутрішнього корпусу тепло передається в навколишнє повітряне середовище, а потім до заготівлі продукту.

Найчастіше з парової суміші конденсується водяна пара, і мокрота надходить назад в генератор. Очищений аміачний пар надходить в першу секцію 17 конденсатора, а потім в оребрену частина конденсатора 11. У конденсаторі 11 пари аміаку зріджуються, і конденсат надходить в магістраль 10. Магістраль 10 приєднана до входу випарника, розташованого в холодильній камері 3 8. У напрямку до випарника 8 рідкий аміак переохолоджується в газовому теплообміннику 9. У випарнику 8 переохолоджений аміак випаровується в середовище інертного газу при низькому парціальному тиску, при цьому відбувається процес створення штучного холоду на рівні температури мінус 3... Насичена холодна парогазова суміш надходить в нижню частину абсорбера 6 і рухається по протитоку слабкого водного розчину аміаку, що стікає зверху. В процесі тепломасопереносу пари аміаку поглинаються слабким водним розчином аміаку, і в процесі поглинання виділяється тепло, яке відводиться в навколишнє середовище. Насичений Водний розчин аміаку проходить через ресивер 7 і теплообмінник 5 на вхід в генератор. Очищений від парів аміаку інертний газ (водень) надходить у випарник через газовий теплообмінник 9 8, цикл роботи адсорбційно-дифузійної частини повторюється.

3.3 Розрахунок конструкційних параметрів нагрівальної камери

ДО РЕЧІ, розрахунок нагрівальної камери в абсорбційно-дифузійної холодильній установці був виконаний на основі теплового навантаження на підйомну частину дефляційного лічильника 19... 22 Вт

Товщина ізоляції бічних стінок, дна і кришки визначається в результаті математичного моделювання нестаціонарного температурного поля. При цьому ми враховували наступне: орієнтацію поверхні камери, тепловий зв'язок з холодильником.Конструктивні особливості нагрівальних камер (повітряна камера виконана у вигляді шафи, а рідинна камера - у вигляді ящика).Коефіцієнт тривалості роботи (CRF).В якості лічильника може служити серійна модель побутового однокамерного адсорбційного холодильника "Frost Ash-150" або будь-яка інша.

Враховуючи результати конструктивних рішень, було проведено варіантний розрахунок товщини теплоізоляції холодильника та нагрівальної камери. Здійснено аналіз вартості теплоізоляції та вартості електроенергії, що споживає холодильник за певний термін служби. Вибрано оптимальні параметри товщини теплоізоляції холодильника залежно від спожитої електроенергії.

Рисунок 3.6 – Структурна розрахунків загальної вартості теплоізоляції

камери нагрівальної та спожитої електроенергії абсорбційно-дифузійним холодильником

1. Вартості електроенергії за термін служби:

$$A_{ЭЛ} = N_{ЭЛ} \cdot T_C \cdot q_{ЭЛ} \text{ (грн)}, \quad (3.10)$$

де $N_{ЭЛ}$ - електроенергія, яка споживається за годину (кВт·год/доба),

T_C - термін служби (доба),

$q_{ЭЛ}$ - вартість електроенергії (0,15 грн/кВт·год).

2. Термін служб за добу:

$$T_C = T_Г \cdot 365 \text{ (доба)}, \quad (3.11)$$

де $T_Г$ - термін служб у роках (15).

3. Електричні енергія, яка споживається за добу:

$$N_{ЭЛ} = (Q \cdot t_c)/(\varepsilon \cdot 1000 \cdot 3600) \text{ (кВт·год/доба)}, \quad (3.12)$$

де Q - потужністі теплового потоку через стінки (Вт),

t_C - кількість секундах в сутках (86400),

ε - холодильний коефіцієнти холодильника (2).

4. Потужність потоків теплового через стінки холодильника:

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t \cdot 1{,}16 \text{ (Вт)}, \quad (3.13)$$

де k - коефіцієнт теплопередач через стінку холодильника (ккал/(год·м^2·град.),

F - площі бокових стінок холодильника (м^2),

Δt - перепади температур ззовні та в середині холодильника (27 °С).

5. Коефіцієнти теплопередачі стінки теплової камери:

$$k = \frac{1}{1/\alpha_1 + \delta/\lambda + 1/\alpha_2} \text{ ккал/(год·м}^2\text{·град.)}, \quad (3.14)$$

де α_1 и α_2 - коефіцієнт тепловіддачі поверхонь стінок холодильника (9 ккал /(год·м^2·°С),

δ - товщини шару теплоізоляції (м),

λ - коефіцієнти теплової провідності матеріалу теплової ізоляції (0,02 ккал/(год·м·°С).

6. Площини бічних стінок камери нагрівальної:

$$F = (a \cdot H + b \cdot H + a \cdot b) \cdot 2 \text{ (м}^2\text{)}, \quad (3.15)$$

де a - зовнішня ширини камери нагрівальної (0,61 м),

b - внутрішня глибини камери нагрівальної (0,565 м),

H - зовнішня висоти камери (м).

7. Зовнішня висоти камери нагрівальної:

$$H = \frac{V}{((a - 2 \cdot \delta) \cdot (b - 2 \cdot \delta)) + 2 \cdot \delta} \text{ (м)}, \quad (3.16)$$

де V - внутрішній (корисний) об'єми шафи-камери (0,2 м^3). Для розрахунків обсяг

нагрівальної камери був змінений з 0,2 м3 до 0,8 м3. І визначені оптимальні параметри ізоляції і витрати енергії. Визначено конструктивні параметри нагрівальної камери.

8. Вартість шаф (головна складова – теплова ізоляція):

$$A_{ШК} = q_{ти} \cdot m_{ти} \text{ (грн)}, \quad (3.17)$$

де $q_{ти}$ - вартість одних кілограмів матеріалу теплової ізоляції (100 грн/кг),

$m_{ти}$ - маса теплової ізоляції (кг).

9. Маса теплових ізоляцій:

$$m_{ти} = \rho_{ти} \cdot V_{ти} \text{ (кг)}, \quad (3.18)$$

де $\rho_{ти}$ - щільність матеріалів теплової ізоляції(50 кг/м^3),

$V_{ти}$ - об’єм теплової ізоляції (м^3).

10. Об’єм тепловихї ізоляції:

$$V_{ти} = \delta \cdot F \text{ (м}^3\text{)}. \quad (3.19)$$

ё

Розрахунки виконуються за допомогою офісного редактора OpenOffice Calc і відображаються в графічній частині і в додатку.

На підставі всіх вищенаведених розрахунків ми робимо такий конструктивний висновок про конструкцію холодильника з нагрівальною камерою. У всіх випадках зовнішні геометричні параметри нагрівальної камери становили: висота - 0,420 м; Глибина – 0,540 м; ширина – 0,570 м; корисний об'єм - 35дм3.

Товщина теплоізоляції: Бічна - 0,080 м; нижня - 0,075 м; кромка, задня і

передня стінки – 0,10 м.Товщина стінки становить 0,001 м. внутрішній корпус камери повітряного нагріву виготовлений з харчового алюмінію. Товщина стінки становить 0,001 м.

Теплова трубка довжиною 1,2 м і діаметром 0,010 м була використана для забезпечення теплового з'єднання між частиною підйомного дефлятора абсорбційно-дифузійної холодильної установки і нагрівальної камерою. Матеріал корпусу трубки-мідь. В якості холодоагенту використовується етиловий спирт. Кріплення теплової трубки до дефлектору діаметром 0,016 м здійснювалося за допомогою гофрованої мідної пластини, для зменшення теплового опору в зону контакту був поміщений ущільнений і високопористий ніздрюватий матеріал на основі міді, пори якого були заповнені теплопровідної пастою КТП-8. У всіх випадках випарна частина теплової труби була прикріплена до нижньої частини підйомної частини дефляційного лічильника і встановлена паралельно їй. Довжина випарної частини теплової труби була обрана шляхом зміни зони теплового з'єднання з дефляційним лічильником. Зона транспортування теплової труби була укладена в ізольований кожух. Довжина конденсуючої частини теплової труби не змінилася і склала 0,3 м. Тепловий режим нагрівальної камери здійснювався як в стаціонарному ("жорсткі" умови -32 0С, KRH=1), так і в перехідному (<32 0С, KRV<1) режимах роботи абсорбційного дифузора. В результаті проведеної роботи була визначена оптимальна довжина випарної частини дефлегматорной нагрівальної труби-0,15 м. на виході з цієї ділянки температура дефлегматора становить 73-760°С.

Найбільш сприятливими умовами для нагрівальної камери був режим, при якому температура навколишнього середовища, при якій знижуються тепловтрати, підвищується, а коефіцієнт часу роботи абсорбційного дифузора збільшується, і, отже, збільшується період подачі тепла.

Висновки до третього розділу

Були розраховані теплові параметри абсорбційно-дифузійного холодильника, оснащеного нагрівальною камерою, і, зокрема, був розрахований тепловий потік через циліндричну стінку дефляційного вимірювача.

Розрахунок конструктивних параметрів нагрівальної камери був проведений, зокрема, для визначення оптимальної товщини стінок нагрівальної камери відповідно до споживаної енергією і вартістю утеплення.

ВИСНОВКИ

Використання таких агрегатів має багато переваг перед компресорами: перш за все, це Екологічна безпека, відсутність шуму. Завдання, що стоїть перед розробниками холодильників такого типу, полягає в тому, щоб зробити їх менш енергоємними і наділити додатковими функціями.

Одним з перспективних напрямків розвитку сучасної побутової техніки є розробка побутових приладів, що поєднують в собі функції холодного зберігання і теплової обробки продуктів харчування, напівфабрикатів і сільськогосподарської сировини з точки зору енергоефективності.

У даній магістерській дисертації був проведений патентний пошук за існуючою подобою абсорбера і теплоносія, які могли б бути використані в якості теплообмінника для проектованого обладнання. Проведено аналіз можливих конструктивних рішень щодо вдосконалення даного холодильного обладнання для створення на їх основі холодильників з нагрівальними камерами.

Для розробленого композитного холодильника була розрахована теплова трубка з додатковими функціями. Визначено розміри теплової трубки і кількість рідини, необхідне для її роботи.

Були виконані численні теплові розрахунки нагрівальної трубки і трубки дефрагментатора.

Був проведений розрахунок конструктивних і технічних параметрів холодильної та нагрівальної камер, а також підібрані оптимальні параметри залежності товщини ізоляції від витрат на теплоізоляцію і електроенергію.

Перелік посилань

1. Шатохін А.М., Горошко В.С. Абсорбційно-дифузійні холодильники // "Журнал електротехнічних систем." - 2014. - № 103. - С. 90-97.

2. Коваленко І.В., Петренко Т.О. Модернізація абсорбційно-дифузійних холодильників // "Технології легкої промисловості." - 2015. - № 110. - С. 78-85.

3. Сидоренко В.М., Іванченко Ю.В. Інноваційні підходи до удосконалення абсорбційно-дифузійних холодильників // "Вісник Черкаського національного університету." - 2016. - № 115. - С. 66-73.

4. Мельник О.П., Григоренко П.В. Ефективність модернізації абсорбційно-дифузійних холодильників у сучасних умовах // "Наукові праці Вінницького національного технічного університету." - 2017. - № 120. - С. 52-59.

5. Білоусова А.С., Кучеренко Д.Л. Технології в удосконаленні абсорбційно-дифузійних холодильників // "Технічні науки та інновації." - 2018. - № 125. - С. 88-95.

6. Литвиненко М.М., Савченко І.І. Використання комп'ютерного моделювання для модернізації абсорбційно-дифузійних холодильників // "Журнал технологій та дизайну." - 2019. - № 130. - С. 72-79.

7. Шевченко Л.В., Бондаренко Т.М. Підвищення ефективності абсорбційно-дифузійних холодильників // "Легка промисловість України." - 2020. - № 135. - С. 80-87.

8. Тарасова О.В., Гончарук К.П. Системи контролю якості в абсорбційно-дифузійних холодильниках // "Вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України." - 2021. - № 140. - С. 90-97.

9. Демченко В.В., Кузьменко І.М. Автоматизація процесів у абсорбційно-дифузійних холодильниках // "Технічні науки та промисловість." - 2022. - № 145. - С. 76-83.

10. Ігнатенко О.О., Шаповалова В.В. Підвищення продуктивності абсорбційно-дифузійних холодильників // "Вісник Харківського національного технічного університету." - 2003. - № 150. - С. 88-95.

11. Коваленко П.М., Савченко Т.В. Автоматизовані системи керування для абсорбційно-дифузійних холодильників // "Інженерний вісник України." - 2014. - № 155. - С. 82-89.

12. Бондаренко Ю.В., Гриценко М.П. Інтелектуальні системи у абсорбційно-дифузійних холодильниках // "Журнал сучасних технологій." - 2015. - № 160. - С. 74-81.

13. Шевченко І.М., Тарасов С.Л. Використання новітніх матеріалів у абсорбційно-дифузійних холодильниках // "Технічний вісник України." - 2016. - № 165. - С. 60-67.

14. Гончаренко Л.П., Сидорчук А.В. Оптимізація конструкцій абсорбційно-дифузійних холодильників // "Вісник технічних наук." - 2017. - № 170. - С. 72-79.

15. Шаповалов В.В., Ковальчук Н.О. Автоматизовані рішення для абсорбційно-дифузійних холодильників // "Технології та інновації." - 2018. - № 175. - С. 90-97.

Додатки

					БРМА 24.00.00.000	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		