

Шифр  
«Клімат»

РОЗРОБКА КЛІМАТИЧНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ  
ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

2019

## АНОТАЦІЯ

Актуальність: необхідність проведення кліматичних випробувань нового вітчизняного холодильного обладнання.

Мета: розробити методику перевірки працездатності холодильної техніки.

Завдання: зібрати стенд та підібрати необхідні імітаційні речовини для дослідження холодильного обладнання.

Методика дослідження: експериментальні дослідження проводяться в кліматичній камері європейського стандарту.

Загальна характеристика: в роботі розглянута методика тестування реперних крапок холодильного циклу та підібрані необхідні прилади та обладнання.

## ЗМІСТ

Вступ.....	3
1. Аналітичний огляд.....	4
1.1 Визначення температури в об'ємі.....	4
1.2 Температурні діапазони кипіння холодоагента у випарнику .....	4
1.3 Величина переохолодження в конденсаторі.....	5
1.4 Величина перегріву холодоагенту у випарнику.....	7
1.5 Різність температур перед конденсатором .....	10
1.6 Визначення коефіцієнту робочого часу (КРЧ).....	11
1.7 Швидкість повітря всередині виробу .....	11
2. Методика проведення іспитів.....	13
2.1 Опис кліматичної камери та її застосування .....	13
2.2 Процес установки виробу і введення його в роботу.....	17
2.2.1 Підпайка та установка ТРВ .....	17
2.2.2 Вакуумування системи .....	18
2.2.3 Заправка холодильної системи.....	18
2.2.4 Розтановка датчиків температури.....	19
2.2.5 Регулювання контролера .....	19
2.3 Загрузка імітаційним продуктом.....	20
2.4 Вимірювальні пристрої та їх характеристики .....	20
3. Висновок .....	23
Список джерел інформації .....	24

## ВСТУП

У виробництві холодильного обладнання, будь то торгівельне, побутове або промислове, як і в будь-якій іншій промисловій галузі, існує процес випробування нових виробів, які згодом виходять в виробничу серію, або ж удосконалення старих зразків.

Перед виробництвом нового виробу спочатку проводиться повний розрахунок холодильного контуру. Однак часто буває, що розрахункові параметри холодильних вузлів відрізняються від параметрів, які знімаються в процесі роботи виробу. Це призводить до некоректної роботи холодильного контуру.

Тому дана робота спрямована на розробку методики випробування холодильного виробу у лабораторних умовах та визначення параметрів роботи в вузлах холодильного контуру, а також вибору вимірювального обладнання та його робочих характеристик.

## 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

На підприємстві «Хітлайн» випробовується приблизно 20% абсолютно нових виробів і 80% вже існуючих.

В процесі роботи, якщо холодильний контур працює некоректно, визначається причина і видаються рекомендації, що потрібно змінити у виробі. Для цього необхідно визначити робочі параметри в вузлових точках холодильного контуру та об'єму.

### 1.1 Визначення температури в об'ємі

Температуру в об'ємі визначаються за допомогою термодатчиків, які розміщуються на полицях виробу, на піддоні, на виході і на вході випарника.

В першу чергу, коли виріб починає «циркувати», звертається увага на температури, які отримуємо в обсязі. Це перший індикатор роботи холодильного контуру, а також той фактор, на який, в першу чергу, звертає увагу замовник.

Якщо температури на полицях досягають певного діапазону, це означає, що холодильний контур працює правильно.

### 1.2 Кипіння холодоагенту у випарнику

Кожне холодильне обладнання, що відноситься до певного температурного типу, підводиться до діапазону температур кипіння, при якому виріб буде видавати температури в обсязі, задані замовником.

Всі температурні класи і їх відповідні діапазони температур кипіння у випарнику зведені в таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 Температурні класи.

Тип виробу	Діапазон температур у температурному класі, °C	Діапазон температур кипіння у випарнику, °C
Високотемпературні	+4...+6	-4...-6
Середньотемпературні	-2...0, 0...+2, +2...+4	-8...-11
Низькотемпературні	-10...-15, -20...-25	-34...-38

Кипіння холодоагенту визначається за манометром в залежності від маси заправки холодоагенту в один холодильний контур.

### 1.3 Переохолодження у конденсаторі

Переохолодженням рідини будемо називати різницю між температурою конденсації рідини при даному тиску і температурою самої рідини при цьому ж тиску [2].

В конденсаторі переохолодження визначається як різниця між температурою конденсації (зчитується з манометра ВД) і температурою рідинної магістралі, яка вимірюється на виході з конденсатора (або у ресівері).



Рисунок 1.1 - Візуалізація процесу переохолодження у трубах конденсатора з повітряним охолодженням [2].

Нормальна величина переохолодження холодоагенту з повітряним охолодженням знаходиться, як правило, в діапазоні від 4 до 7 °С.

Коли величина переохолодження виходить за межі звичайного діапазону температури, це часто вказує на аномальне протікання робочого процесу.

А) Знижене переохолодження (менше 4 °С)

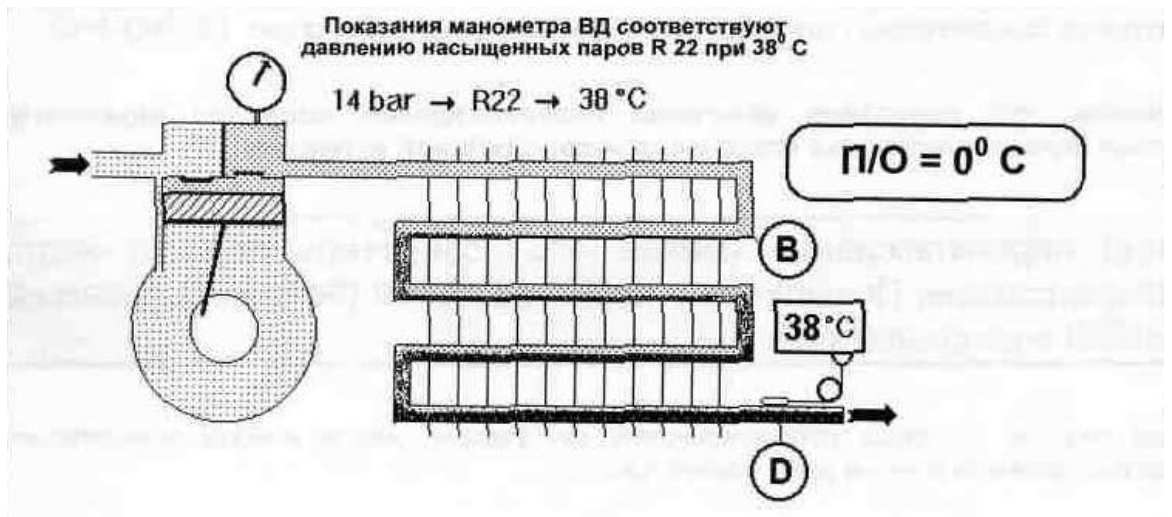


Рисунок 1.2 - Пример заниженного переохлаждения в конденсаторе.

У межі при значній нестачі холодоагенту в контурі холодильної установки на виході з конденсатора буде знаходитися парорідинна суміш, температура якої дорівнюватиме температурі конденсації, тобто переохладження буде рівне 0 °C (як показано в прикладі).

#### Б) Підвищене переохладження (більше 7 °C)

У межі при значному надлишку холодоагенту в контурі холодильної установки на виході з конденсатора буде знаходитися рідинна суміш, температура якої буде перевищувати температуру конденсації на 7 і вище градусів Цельсія, тобто переохладження буде дорівнювати 9 °C (як показано в прикладі) [2].

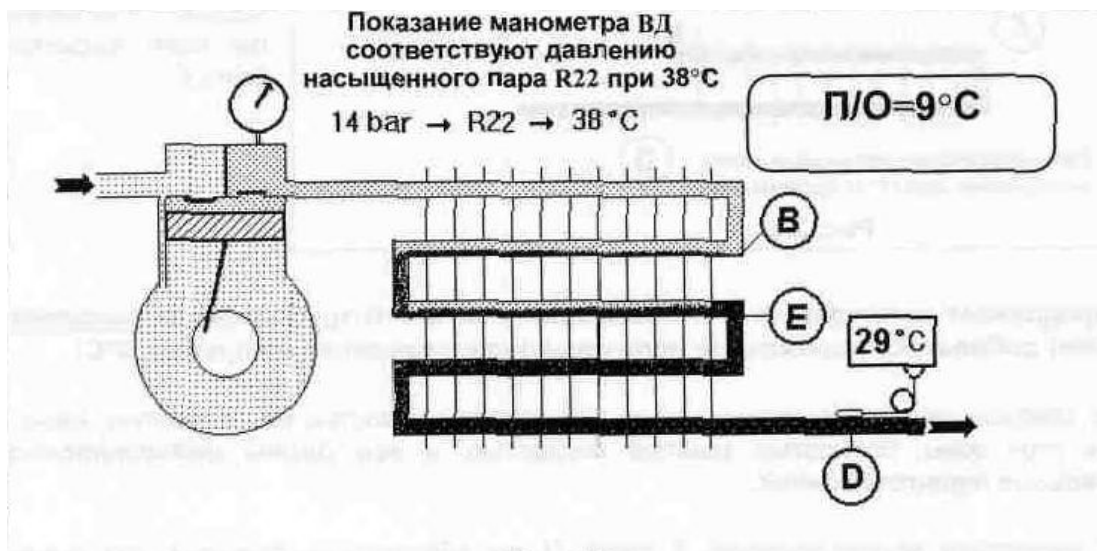


Рисунок 1.3 - Приклад підвищеного переохолодження у конденсаторі [2].

#### 1.4 Перегрів холодоагенту у випарнику

Однією з найбільш важливих характеристик холодильного контуру є, поза всяким сумнівом, величина перегріву парів холодоагенту на виході з випарника. Перегрівом пара називають різницю між температурою цього пара і температурою випаровування рідини, з якої цей пар утворився, при постійному тиску. Для випарників перегрів пара являє собою різницю між температурою, яка вимірюється за допомогою термобалона ТРВ, і температурою кипіння у випарнику, відповідної показаннями манометра НД [2].

Зазвичай вважається, що у випарник з прямим циклом розширення величина перегріву повинна становити в діапазоні 5 ... 8 °С. При цьому, якщо перегрів знаходиться у потрібному діапазоні, то існує нормальне заповнення випарника. Візуально це виглядає таким чином, що всі калачі, без винятку, покриваються інеєм, а через деякий час роботи вони покриваються сніжною шубою.



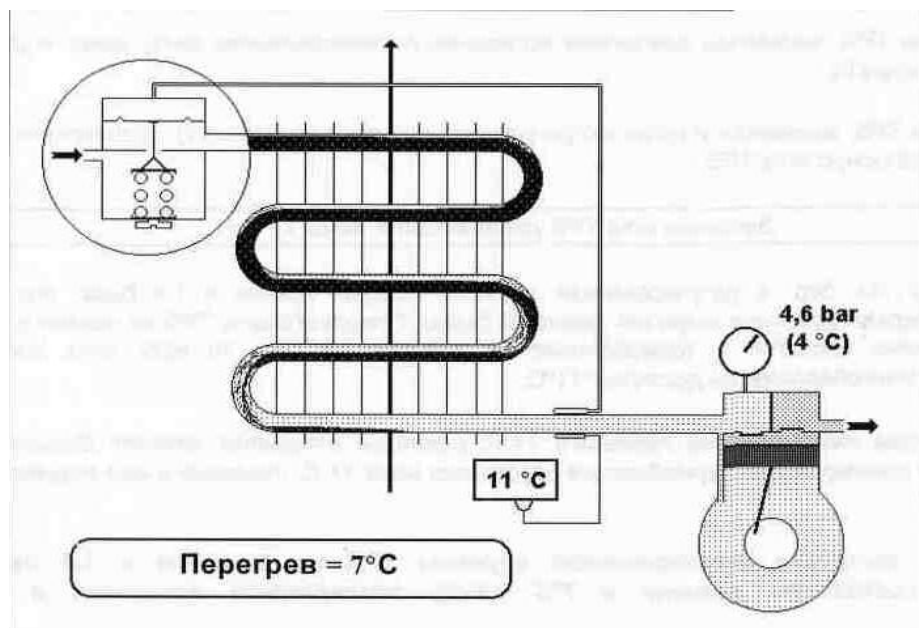


Рисунок 1.4 - Приклад перегріву [2].

Якщо ремонтник зауважує, що перегрів виходить за межі цього діапазону, можна говорити про аномалії в роботі установки [2].

#### А) Надмірно великий перегрів (вище 8 °C)

У разі нестачі холодоагенту в випарнику, занадто великого обсягу самого випарника, малої потужності компресора, надмірно закритого ТРВ, або занадто малої дюзи виникає значний перегрів в розмірі вище 8 °C. Якщо замість ТРВ встановлена капілярна трубка, то високий перегрів може викликати неправильне співвідношення довжини капіляра і діаметра прохідного перетину. Візуально це можна зрозуміти, подивившись на калачі випарника. При високому перегріві заповнення випарника буде не повним, тобто не в повному обсязі калачі будуть вкриті інієм.

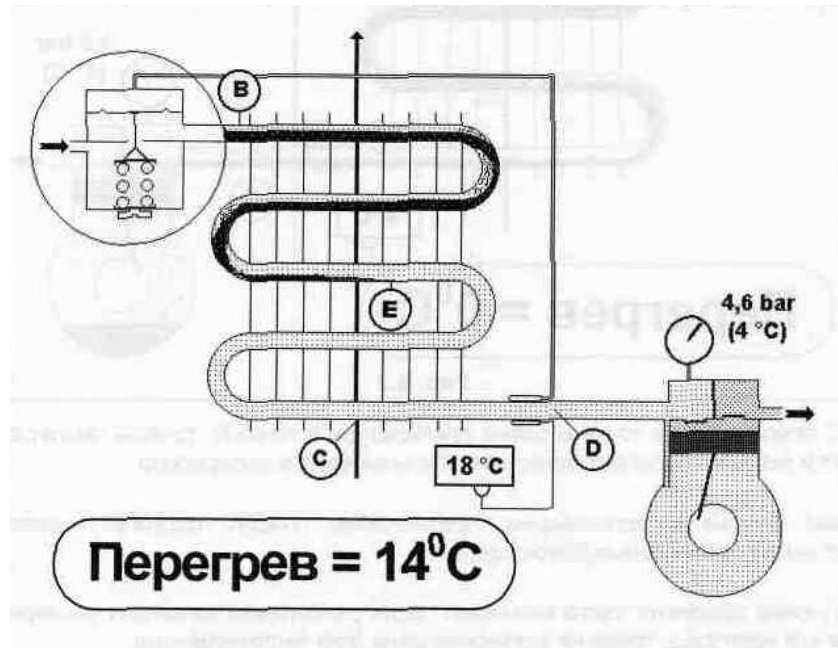


Рисунок 1.5 - Приклад надмірно великого перегріву холодоагенту у випарнику [2].

Б) Надмірно малий перегрів (нижче 5 °C)

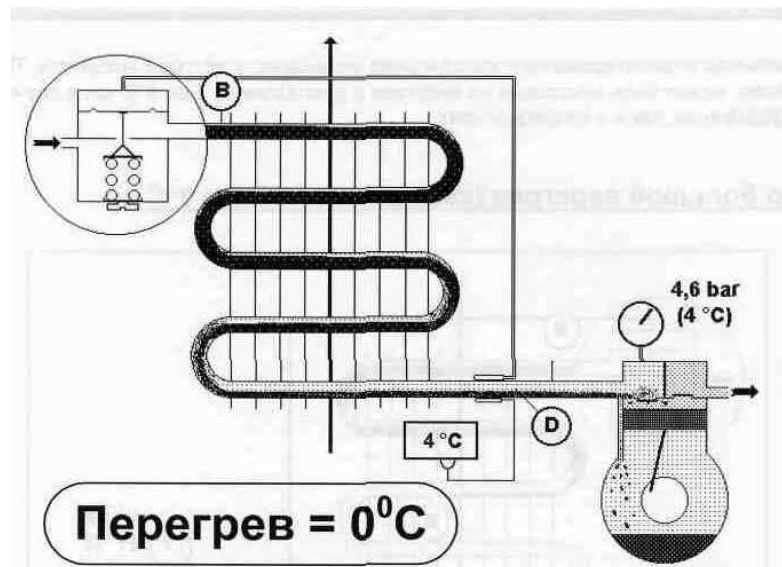


Рисунок 1.6 - Приклад надмірно малого перегріву холодоагенту у випарнику [2].

У разі надлишку холодоагенту у випарнику, занадто малого обсягу самого випарника, великої потужності компресора, надмірно відкритого ТРВ, або занадто великої дюзи виникає занадто низький перегрів у розмірі нижче 5 °С. Візуально це можна зрозуміти, подивившись знову ж на калачі випарника. При низькому перегріві заповнення випарника буде спочатку нормальним, але через малий проміжок часу випарник повністю покриється сніжною шубою, а ще через деякий час холодильник зовсім перестане вимикатися по уставці, швидкість повітря на виході з прохідного перетину знизиться через великий опір, а температури в обсязі будуть рости.

### 1.5 Різниця між температурою конденсації і перед конденсатором

Різниця температур між температурою конденсації і температурою перед конденсатором допомагає нам визначити нормальну роботу конденсатора. Температура конденсації визначається по тиску конденсації, яке зчитується з манометра.

Температура перед конденсатором – це практично та ж температура навколишнього середовища, яка визначається за температурним датчиком, при підвищенні якої підвищується і тиск конденсації. При цьому дельта між цими температурами повинна постійно входити в діапазон температур 12...15 К, в незалежності від варіювання температури навколишнього середовища. Тільки в цьому випадку холодильний контур буде працювати нормально.

Однак якщо дельта виходить за діапазон нормальних температур, значить робота контуру буде неправильною.

У разі, коли різниця температур перевищує 15 К, це означає що обсяг конденсатора занадто маленький, або заправки холодоагентом занадто багато.

У разі, коли різниця температур менше, ніж 12 К, це означає що обсяг конденсатора занадто великий, або контур не дозаправлений.

### 1.6 КРЧ – коефіцієнт робочого часу

Коефіцієнт робочого часу – це параметр, який визначає ефективність роботи холодильного виробу і з його допомогою ми можемо визначити наскільки енерговитратний даний виріб.

Даний параметр розраховується власноруч, засікаючи час роботи і час, що холодильний виріб стоїть, і, підставляючи у формулу, розраховуємо його.

Розрахункова формула виглядає наступним чином:

$$\text{КРЧ} = \frac{t_{\text{роб}}}{t_{\text{роб}} + t_{\text{ст}}} \quad (1.1)$$

де,  $t_{\text{роб}}$  – час роботи виробу,

$t_{\text{ст}}$  – час стоянки виробу.

Або від соленоїдного клапана до коробки контролера підживлюється датчик КРЧ, який автоматично визначатиме цей параметр. Його робота виглядає наступним чином: коли соленоїдний клапан закривається під час стоянки і відкривається під час роботи, датчик фіксує ці періоди часу за рахунок струмових стрибків і передає їх на комп'ютерний пристрій з відповідним програмним забезпеченням, яке обробляє ці дані і виводить на монітор комп'ютера дані КРЧ. Нам потрібно вибрати всього лише кілька циклів і програма видасть середнє значення параметра за обраний період роботи холодильного виробу. Ефективність роботи холодильного виробу визначається робочим часом. Чим менше час роботи, тим менше витрати електроенергії.

### 1.7 Циркуляція повітря у системі

У торгівельній холодильній техніці існує два типи виробів: з вимушеною конвекцією і з природною конвекцією, або як їх просто називають відповідно - динаміка і статика.

В холодильних виробках з природною конвекцією знімання холоду з випарника відбувається природним чином і поширюється у об'ємі без вимушеного обдування.

А в холодильних виробках з вимушеною конвекцією знімання холоду здійснюється способом вимушеного обдування випарника за допомогою вентиляторів. Вони встановлюються найчастіше до випарника або після нього. При цьому повітря циркулює по всьому контуру і частина надходить через настінні просічки, потрапляючи на полиці, а частина виходить з вихідного перетину, на яке найчастіше встановлюються соти різного діаметру для затримки і рівномірного розподілу повітря (вихід із сот), і входить у вхідний перетин (вхід у решітку), далі знову йде на випарник.

Повітря, яке поширюється від виходу із сот до входу в решітку називається тепловою завісою, яка служить для того, щоб максимально відбивати теплопритоки з навколишнього середовища, зберігаючи при цьому температури на полицях.

Говорячи про швидкість, вона теж повинна знаходитись в певному діапазоні, як і інші параметри, так як занадто маленька швидкість не дає необхідної ефективності у відбиванні теплопритоків, а при дуже великій швидкості виникає турбулентний потік і візуально повітря починає клубочитися, порушуючи роботу охолоджувальної системи. Тому в нашій лабораторії домагаються межей швидкості рівних 0,3...0,5 м/с. При цих швидкостях теплової завіси настає оптимальна циркуляція повітря і холодильний контур працює в заданому режимі.

## 2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ

### 2.1 Опис кліматичної камери і її застосування.

Торгівельне холодильне обладнання, яке виробляється на підприємстві «Хітлайн», проходить випробування перед тим, як вийти у серійне виробництво. Випробування проводяться в розробленій кліматичній камері, яка відповідає всім вимогам європейського стандарту (ISO 23953-2: 2005, MOD).

Приміщення для проведення випробувань відповідно до цього ГОСТу представляє собою паралелепіпед, в якому дві протилежні бічні стінки призначені для створення рівномірного горизонтального повітряного потоку в цьому приміщенні. Одну з таких стінок називають бічною робочою стінкою подачі повітряного потоку, а іншу – бічною робочою стінкою відбиття повітряного потоку. Відстань, що розділяє ці дві бічні стінки, називають «довжиною» приміщення для проведення випробувань. Кліматична камера має внутрішній об'єм 60 м<sup>3</sup>.

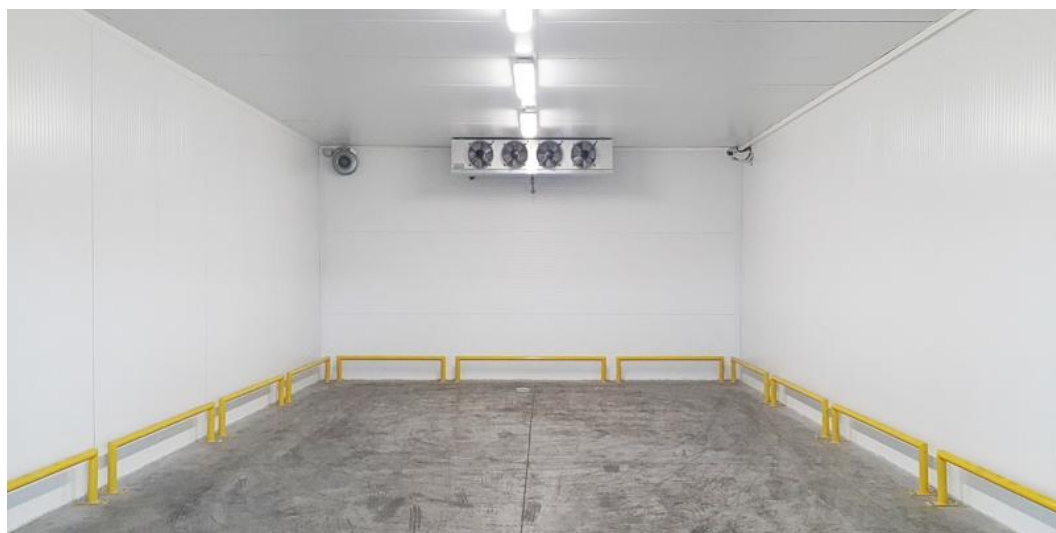


Рисунок 2.1 - Кліматична камера для випробувань.

Для завантаження об'єктів випробувань у кліматичну камеру (наприклад, холодильної гірки типу «Medium A cube» з габаритами 3750×2000×1100 мм),

вона має двостулкові розсувні двері з розміром світлового прорізу 3500×2200 мм з двома прозорими вікнами розміром 400×500 мм з подвійного вакуумного склопакета з ущільненням і запірним пристроєм.

Стеля і дві інших стіни приміщення для проведення випробувань, які не є робочими, теплоізолювані та зсередини покриті металевими листами.

При будівництві нашого приміщення для проведення випробувань в якості теплоізоляційного матеріалу був використаний твердий пінополіуретан (теплопровідність  $\lambda$  не більше 0.03 Вт/м·К) з товщиною 100 мм.

Підлога виконана з бетону і оснащена теплоізоляцією з таким розрахунком, щоб зовнішні кліматичні умови не впливали на його температуру.

У приміщенні встановлено люмінесцентне освітлення, що забезпечує освітленість приміщення на рівні  $(600 \pm 100)$  лк. Робота освітлювальних приладів не повинна призводити до підвищення температури повітря в приміщенні для проведення випробувань більше, ніж на 2 К за весь період проведення випробувань [1].

Температура і рівномірне поле швидкостей повітря в кліматичній камері забезпечується за допомогою повітропрямовідів спеціальної конструкції. Повітряводи розташовані на бічній робочій стінці подачі повітряного потоку відповідно до вимог. Система влаштована таким чином, що температура повітря у приміщенні регулюється за допомогою контролера, який знаходиться всередині камери, а повітряний потік поширюється паралельно площині відкритої частини зразка в подовжньому напрямі. У зимовий період часу для підтримки необхідної температури використовується система опалення «тепла підлога».

Так само у приміщенні підтримується задана вологість в граничному діапазоні не більше 3% за допомогою системи, наданої фірмою «Vдох-Nova».

Принцип дії зволожувача: ультразвуковий зволожувач повітря ТМ «Вдох-Нова» перетворює (дробить ультразвуковим методом за допомогою керамічних дисків) воду у стійкий дрібний водяний аерозоль (туман), з діаметром частинок води 1-5 мікрон. Під дією повітря, що прокачується вбудованим вентилятором

або відбирається з вентиляційного каналу (у разі каналного зволоження), що утворюється водяний туман з випускного повітряводного зволожувача подається у приміщення і змішуючись з сухим повітрям випаровується, підвищуючи його вологість. Водяний аерозоль даної дисперсності (1-5 мкм.) Добре перемішується і поширюється («дрейфує») по каналу (приміщенню) природним повітряним потоком. Водяний туман випаровується повністю без мокротиння (крапле-утворення) і конденсату. При необхідності, в певних технологічних процесах, можливе формування стійкого водяного туману, що володіє хорошою летючість і малою швидкістю осадження крапель [4].

Таблиця 2.1 Технічні характеристики системи зволоження Вдох-Нова 3000 [4].

Технічна характеристика	Кількість/розмірність
Продуктивність води	3 кг/год
Споживна потужність	300 Вт
Напруга живлення модуля зволоження	+ 45 В
Робоча температура модуля вологості	+1...+50 °С
Робоча відносна вологість модуля вологості	До 100 %
Робоча відносна вологість модуля харчування	70 %
Діаметр частинок туману	1...5 мкм
Довжина дроту живлення модуля зволоження	от 5 м
Габаритні розміри модуля споживання	от 250×200×250 мм і більше
Загальна маса пристрою без води	от 20 кг
Ресурс керамічних дисків генератора	від 10000 годин
Діаметр штуцера підведення води	1/2
Система подачі води – вбудований механічний клапан подачі води	
Час встановлення робочого режиму	менше 30 сек.



Необхідну вологість задають на контролері, який так само, як і температурний знаходиться всередині лабораторії.

Таким чином, під час випробувань в приміщенні для проведення випробувань підтримують значення температури і вологості, які відповідають кліматичним класам ТХО (торгівельне холодильне обладнання) [1].

Таблиця 1.3 Значення параметрів навколишнього середовища всередині приміщень для проведення випробувань в залежності від кліматичних класів ТХО [1].

Кліматичний клас	Температура повітря по сухому термометру, °C	Відносна вологість повітря, %	Температура точки роси, °C	Масова кількість водяного пару у сухому повітрі (вологомісткість). г/кг
0	20	50	9.3	7.3
1	16	80	12.6	9.1
8	23.9	55	14.3	10.2
2	22	65	15.2	10.8
3	25	60	16.7	12.0
4	30	55	20.0	14.8
6	27	70	21.1	15.8
5	40	40	23.9	18.8
7	35	75	30.0	27.3

Примітка – масовий вміст водяної пари в атмосфері сухого повітря є одним з основних параметрів, що впливають на продуктивність і енергоспоживання ТХО. Таким чином, кліматичні класи ТХО в даній таблиці ранжовані за зростанням маси водяної пари в сухому повітрі.

Допустимі відхилення значень температури і вологості від значень, заданих відповідних кліматичних класом, повинні складати не більше  $\pm 1$  К по

температурі і  $\pm 5\%$  по відносній вологості. Винятком є 3 кліматичний клас, для якого допустиме відхилення відносної вологості має становити  $\pm 3\%$  [1].

## 2.2 Процес установки виробу і введення його у роботу

### 2.1.1 Підпайка і установка ТРВ

Спочатку холодильний виріб завозиться у кліматичну камеру, частково розбирається і підпаюється до компресорної станції, яка знаходиться за межами лабораторії, якщо він з виносним типом холоду або просто підключається до живлення, якщо він з вбудованим типом холоду.

У торговельній холодильній техніці існує два типи агрегатів внесений і вбудований тип. У вбудованому типі холодильний або компресорно-конденсаторний агрегат з повітряним охолодженням знаходиться всередині холодильної шафи в агрегатному відсіку.

Найчастіше агрегатне відділення у холодильній шафі знаходиться внизу. Рідше на даху або на полиці укріпленої кронштейнами на задній стінці, що є невидимою для споживача.

У виносному типі компресорна станція знаходиться окремо від шафи, в магазинах вона найчастіше знаходиться в компресорній кімнаті.

Від однієї станції може працювати відразу кілька холодильних шаф, в залежності від потужності агрегату.

Нагнітальна магістраль від компресорної станції підпаюють до ТРВ – терморегулюючий вентиль за допомогою киснево-пропанового пальника і мідно-фосфорного припою. До виходу ТРВ приєднується розвальцьованої з накидною гайкою труба і затягується з вихідним ТРВ за допомогою гайкового ключа. Термо-балон встановлюється на виході з випарника зверху труби за допомогою хомута, а зрівняння (у вигляді капілярної трубки) впаюється у всмоктувальну магістраль після термо-балона. При цьому вся усмоктувальна магістраль термоізолюється для того, щоб не було скупчення конденсату і його стікання повз водозбірний лоток під час режиму розмерзання.

Термо-балон встановлюється зверху труби, якщо діаметр труби менше 16 мм, в іншому випадку, термо-балон встановлюється на 5 або 8 годин щодо поперечного перерізу труби. Такий монтаж проводиться внаслідок утворення масляного екрану, який грає роль термоопору і згубно впливає на роботу ТРВ.

### 2.2.2 Вакуумування системи

Після пайки виріб збирається в зворотному порядку і ставиться на вакуум за допомогою вакуумного насоса. Шланг від вакуумного насоса приєднується до манометра, а від манометра ще один шланг виводиться до всмоктуючого штуцера з вже наявним всередині золотником.

Під час вакуумування контуру, до блокової коробки контролера підживлюється датчик КРВ – коефіцієнт робочого часу. Датчик від комп'ютерної системи підведений до соленоїдного клапану, що встановлений на нагнітальній магістралі.

Процес вакуумування можна вважати завершеним, якщо на манометрі у місці значення тиску показує -1 бар. Зазвичай, рекомендований процес вакуумування триває протягом 1 години, не менше. За цей час система повністю свакумується. Якщо система до цього вже заправлялася, то в маслі, яке поширене по всій магістралі, розчиняється фреон, який в ньому кипить і за рахунок цього систему складніше свакумувати. Тому, в цьому випадку, вакуумувати систему слід мінімум 1.5 години.

### 2.2.3 Заправка холодильної системи

Після процесу вакуумування холодильний контур заправляється холодоагентом. Прикладом холодоагенту стане тип фреону R 507.

Якщо це система типу виносного холоду, то в цьому випадку спочатку відкривається запірний вентиль, який знаходиться після ресивера, а після цього відкриваємо запірний вентиль, який знаходиться перед ресивером. І саме в такому порядку і не інакше, так як може виникнути гідроудар в разі порушення порядку відкриття запірних вентилів.

Якщо ж це система типу вбудованого холоду, то холодильний контур заправляється з балона по вазі холодоагенту. Шланг приєднується до балона з відповідним холодоагентом і до манометру на місце, де був приєднаний вакуумний насос. Після цього балон перевертається і ставиться на ваги так як показано на малюнку 1.5. Потім відкривається вентиль на балоні, відкривається вентиль на кінці шланга і трохи відкручується гайка закриття шланга для продувки. Після продувки, шланг щільно закручується назад, обнуляються ваги і відкриваючи запірний вентиль на манометрі, за вагами заправляється 100 – 200 грам фреону в систему, потім включається холодильник і додаємо по 300 – 400 грам, періодично перекриваючи запірний вентиль на манометрі, щоб в системі не виник гідроудар, так як заправка проводиться рідким холодоагентом. Граничну масу холодоагенту ми визначаємо по температурі перегріву.

#### 2.2.4 Розстановка датчиків температури

Після заправки холодильного контуру розставляються датчики температури. Для вимірювання температури в об'ємі, на виході із сот і на вході в решітку і перед конденсатором. Так само вимірюється температура на виході з конденсатора, яка називається «рідиною», температура на виході з випарника для визначення перегріву. Датчики «рідини» і на виході з випарника термоізолюються за допомогою термофлексу, для більш точного вимірювання температури.

#### 2.2.5 Регулювання контролера

Після розстановки датчиків і включення виробу регулюється контролер і виставляються стандартні параметри, встановлені виробником даного контролера.

В процесі роботи холодильного виробу параметри на контролері можуть корегуватися інженером, для установки нормальної роботи зразка.

### 2.3 Завантаження імітаційним продуктом

Після виходу холодильного виробу на режим, тобто коли холодильник почав «циркувати», його завантажують імітаційним продуктом. Наприклад: 5-літрові баклажки з водою, літрові паки з соком або ж брикети з милом, так як розміри і маса цих контрольних пакетів відповідає вимогам.

В результаті частого використання і механічних навантажень маса і розміри контрольного пакета можуть змінюватися. Необхідно не рідше одного разу на рік протягом всього терміну служби пакету перевіряти його параметри на відповідність допустовим межах їх зміни.

При виявленні того, що, хоча б по одному параметру значення цього параметра виходить за допустові межі, пакет підлягає заміні.

Температура контрольних пакетів при завантаженні повинна дорівнювати температурі, значення якої очікують отримати в процесі випробувань. Контрольні пакети розміщують врівень один з одним.

Між рядами пакетів і пакетами, прилеглими до внутрішніх стінок зразка, залишають зазор шириною  $(25 \pm 5)$  мм. Відстань від контрольного пакета до розташування наступної по висоті полиці повинна становити не менше 50 мм [1].

### 2.4 Вимірювальні прилади та їх характеристики

Для зняття параметрів в холодильному контурі потрібні певного типу прилади. У цьому розділі описані прилади різних класів точності, за допомогою яких будуть зніматися робочі параметри холодильного виробу.

Коріолісо- витратомір. Регулятор потоку Коріоліса - прилад для вимірювання витрати, принцип дії якого заснований на зсуві фаз і прямому вимірі того, скільки рідини або газу переміщається по трубі в даний момент. Витратомір Коріоліса складається з датчика витрати і електронного перетворювача. Зазвичай якщо витратомір встановлений в середині технологічного ланцюжка достатньою є точність 0,15...0,2%. Принцип дії заснований на змінах фаз механічних коливань U-образних трубок, по яких

рухається середа. Трубка розташована всередині кожного витратоміра Коріоліса. Вібратор змушує трубку постійно вібрувати. При відсутності потоку, вимірювальна трубка вібрує рівномірно. Сенсори, розташовані на вході і виході з точністю, визначають основні коливання. Як тільки рідина починає переміщуватися по вимірювальній трубці, на наявну вібрацію накладається додаткове коливання в результаті інерції рідини [10]. Внаслідок ефекту Коріоліса вібрація трубки на вході і виході відрізняється один від одного. Високочутливий сенсор відзначає данну зміну вібрації трубки в умовах часу і простору. Подібне явище називається зрушенням фаз і прямим виміром того, скільки рідини або газу переміщається по трубці в даний момент. Чим вище швидкість потоку і таким чином загальний потік, тим більше вібрація вимірювальної трубки. Датчик перетворює витрата і щільність середовища, а також температуру сенсорних трубок в електричні сигнали [10]. Електронний перетворювач конвертує отриману від датчика інформацію в цифровий сигнал і в стандартні вихідні сигнали. За допомогою вимірювання витрати ми можемо зрозуміти наскільки енерговитратним є виріб.

Температурні датчики. Температурні датчики, які використовуються фірми «Danfoss». Датчики вбудовані в електронні контролери, які знаходяться на температурних стійках по 20 штук. Датчик температури повітря із середнім діапазоном робочих температур і середнім часом затримки. Датчик заснований на платиновому чутливому елементі з опором 1000 Ом при 0 °С. Клас захисту: IP 67 підключення: ПВХ кабель, 2×0.22 мм 2, датчики налаштовані і відповідають вимогам DIN IEC 751, клас В [5].

Анемометр. Для вимірювання швидкості потоку повітря використовують механічний анемометр з крильчаткою високої точності, який дозволяє вимірювати швидкість повітряного потоку в реальному часі. Інформація виводиться на 8-значний дворядовий дисплей. Прилад має режим фіксації максимальної, мінімальної та середньої величини, а також вимірює температуру за шкалою Цельсія і Фаренгейта [6].

Лазерний пірометр. Лазерні пірометри – це термометричні прилади, які здатні вимірювати температуру об'єкта на великих відстанях, при цьому з великою швидкістю надання результату. Пірометри Німбус-420 (інфрачервоні термометри) – є пірометрами широкого діапазону від  $-32$  до  $420$  °C і високої точності вимірювань  $\pm 1$  °C. Всі ці характеристики разом з наявністю лазерного націлювання дозволяють використовувати прилад як безконтактний засіб виявлення несправностей і діагностики проблем електричного, механічного обладнання, діагностики систем вентиляції та кондиціонування та інших додатків, де контролювати температуру необхідно [6]. За допомогою цього приладу часто вимірюються температури контрольних пакетів, або об'єктів, до яких важко дістатися.

Манометр. Дія манометра заснована на зрівноважуванні вимірюваного тиску силою пружної деформації трубчастої пружини або більш чутливою двохпластинчастою мембраною, один кінець якої запаяний в тримач, а інший через тягу пов'язаний з трібно-секторним механізмом, що перетворює переміщення пружного чутливого елемента в круговий рух показання стрілки. У лабораторії використовуються цифрові манометричні колектори testo 549 для вимірювання всередині магістрального тиску.

Струмові кліщі. Струмові кліщі UT204 дозволяють вимірювати змінну і постійну напругу, змінний і постійний струм, частоту, опір, шпаруватість, параметри діодів, дозволяють прозванювати електричні ланцюги, фіксувати поточні показання, мають True RMS, автовідключення і функцію відносного вимірювання. Багатофункціональні цифрові струмові кліщі UT204 – надійний струмовимірювальний прилад, в якому реалізований цілий ряд вимірювальних функцій, таких як вимірювання постійного і змінної напруги, вимірювання постійного і змінного струму, опору, частоти, відносної скважності імпульсів, діодного тесту і прозванювання ланцюга.

Термогігрометри. Вимірювання вологості повітря здійснюється за допомогою професійного високостабільного кварцового сенсора вологості. Даний сенсор зазвичай використовується тільки в більш дорогих приладах [9].

## ВИСНОВОК

1. Описана кліматична камера, яка відповідає вимогам ISO 23953-2: 2005 MOD.
2. Докладно розглянута установка виробу і введення його в роботу.
3. Описана і показана на прикладах завантаження імітаційним продуктом.
4. Докладно описані способи вимірювання параметрів для нормальної роботи холодильного виробу і випадки некоректної роботи контуру.
5. Описано вимірювальні прилади і представлені їх технічні характеристики.



## СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Шафи, прилавки і вітрини холодильні торгові: Вимоги, методи та умови випробувань (ISO 23953-2: 2005, MOD). Москва, Стандартиформ 2014 г. - С. - 15 - 21, 26 - 41.
2. Котзагланіан. Посібник для ремонтника - практичний посібник з ремонту холодильних установок з конденсаторами повітряного охолодження, переклад з французької В. Б. Сапожнікова. Технічна редакція В. І. Велюханова. Видавництво Московського університету. ЗАТ «ОСТРІВ», 1999. - С - 14 - 24.
3. Carel - [www.carel.com/documents/10191/0/+030220796/1dd145c7-5379-4dc3-896e-333cc22d6add?version=1.1](http://www.carel.com/documents/10191/0/+030220796/1dd145c7-5379-4dc3-896e-333cc22d6add?version=1.1).
4. Vdoh-Nova - [vdoh-nova.prom.ua/p838030603-uvlazhnitel-ultrazvukovoj-promyshlennyj.html](http://vdoh-nova.prom.ua/p838030603-uvlazhnitel-ultrazvukovoj-promyshlennyj.html).
5. Danfoss - <http://www.danfoss.ua/home/#/>.
6. Prom.ua - <https://prom.ua/p415930876-kleschi-tokoizmeritelnye-uni.html>.
7. Вікіпедія - <https://ru.wikipedia.org/wiki>.
8. DOCPLAYER - <https://docplayer.ru/28333628-Pirometry-nimbus-instrukciya-polzovatelya.html>.
9. testo - <https://www.testo.kiev.ua/ru/testo-549.html>.
10. KИPIAVP.RU - <http://kipiavp.ru/pribori/rashodomer-koriolisa.html>.
11. LEKOTRADE - <http://www.leko-trade.com.ua/solutions/koriolisovyj-massovyj-raskhodomer-dlya-rastitelnogo-masla.html>.