Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Кафедра холодильних установок і кондиціювання повітря

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на тему: **Проєкт побутового двокамерного холодильника з використанням екологічно безпечних холодоагентів**

Здобувача Янєв С.С.

2 курсу ЕН-141 групи

Керівник к.т.н., доц. Трандафілов В.В.

Консультанти: д.т.н, проф. Хмельнюк М.Г.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від 31.05.2024 р. протокол № 12

Завідувач кафедри ХУКП _____ Михайло ХМЕЛЬНЮК

Одеса - 2024 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет	Низькотемпературної техніки та інженерної механіки
Кафедра	Холодильних установок і кондиціювання повітря
Ступінь вищої освіти	Бакалавр
Спеціальність	142 Енергетичне машинобудування
Освітня програма	Холодильні машини, установки і кондиціювання повітря

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г.

«05» березня 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Янєв Сергій Сергійович

1. Тема роботи Проєкт побутового двокамерного холодильника з використанням екологічно безпечних холодоагентів

Затверджена наказом ОНТУ від 31.08.2023 р. наказ № 487-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 31.05.2024 р.

3. Вихідні дані роботи
Внутрішній робочий об'єм побутового холодильника складає 636 дм^3.
Передбачано використання низькотемпературної камери робочим об’ємом 267 дм3 з температурним режимом -18°С передбачається тривале зберігання замороженої продукції. Також передбачена одна холодильна камера для зберігання охолодженої продукції об’ємом 369 дм3 з темпера-турним режимом 3°С. Ізоляційний матеріал – пінополістирол. Як робоче тіло було прийнято ізобутан (R600a).

4. Перелік питань, які потрібно розробити
Реферат, Вступ, 1. Аналіз і техніко-економічне обгрунтування проєкту, 2. Розрахунок елементів конструкції холодильника, 3. Розрахунок повітроохолоджувача, 4. Розрахунок повітряного конденсатора, 5. Охорона праці, Список використаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень)
Презентація в PowerPoint

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г.	13.05.2024	17.05.2024

7. Дата видачі завдання 05.03.2024 р.

Керівник _____ Трандафілов В.В.

Завдання прийняв до виконання _____ Янєв С.С.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Реферат	29.05-30.05.2024	виконано
2	Вступ	17.03-20.03.2024	виконано
3	Аналіз і техніко-економічне обгрунтування проєкту	21.03-25.04.2024	виконано
4	Розрахунок елементів конструкції холодильника	26.04-30.04.2024	виконано
5	Розрахунок повітроохолоджувача	01.05-04.05.2024	виконано
6	Розрахунок повітряного конденсатора	05.05-10.05.2024	виконано
7	Охорона праці	13.05-17.05.2024	виконано
8	Список використаної літератури	18.05-22.05.2024	виконано
9	Презентація в PowerPoint	23.05-28.05.2024	виконано

Здобувач-дипломник _____ Янєв С.С.

Керівник роботи _____ Трандафілов В.В.

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник Янєв Сергій Сергійович _____

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота складається з: 108 сторінок тексту, 18 рисунків, 4 таблиця, 11 посилань на літературні джерела. В кваліфікаційній роботі вирішено задачу розробки побутового двокамерного холодильника з використанням екологічно безпечних холодоагентів.

Внутрішній робочий об'єм побутового холодильника складає 636 дм^3. Передбачано використання низькотемпературної камери робочим об’ємом 267 дм^3 з температурним режимом -18°С передбачається тривале зберігання замороженої продукції. Також передбачена одна холодильна камера для зберігання охолодженої продукції об’ємом 369 дм^3 з температурним режимом 3°С.

Як робоче тіло було прийнято ізобутан (R600a). Підібрано теплоізоляційну конструкцію на основі пінополістирола, і, виходячи з повного завантаження камер, розраховано сумарні теплопритоки. За цими даними та проведеним тепловим розрахунком підібрані компресорний агрегат фірми Danfoss.

Ключові слова: комерційний холод, R600a, GWP, ODP.

ABSTRACT

The qualification work consists of: 108 pages of text, 18 figures, 4 tables, 11 references to literary sources. The qualification work solves the problem of developing a household two-chamber refrigerator using environmentally friendly refrigerants.

The internal working volume of the household refrigerator is 636 dm^3. It is planned to use a low-temperature chamber with a working volume of 267 dm^3 and a temperature of -18°C for long-term storage of frozen products. There is also one refrigerated chamber for storing chilled products with a volume of 369 dm^3 and a temperature of 3°C.

Isobutane (R600a) was used as a working fluid. A thermal insulation structure based on polystyrene foam was selected, and the total heat inflows were calculated based on the full load of the chambers. Based on these data and the thermal calculation, a Danfoss compressor unit was selected.

Keywords: commercial refrigeration, R600a, GWP, ODP.

ЗМІСТ

Сторінка

РЕФЕРАТ	5
ВСТУП	6
1. АНАЛІЗ І ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ	7
2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ ХОЛОДИЛЬНИКА	74
3. РОЗРАХУНОК ПОВІТРООХОЛОДЖУВАЧА	90
4. РОЗРАХУНОК ПОВІТРЯНОГО КОНДЕНСАТОРА	98
5. ОХОРОНА ПРАЦІ	105
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	109

ВСТУП

Серед численних побутових приладів, що полегшують працю і підвищують культуру домашнього господарства особливо важливе значення мають холодильники. Тільки при наявності в будинку холодильника може бути забезпечено повноцінне, збалансоване харчування свіжими і швидкозаморожені високоякісними продуктами. Разом з тим можна рідше відвідувати магазини, закуповувати продукти більшими партіями і, отже, економити не тільки час в домашньому господарстві, а також час і витрати праці працівників торгівлі. За останні роки було створено масове виробництво побутових холодильників - одного з найскладніших побутових приладів. Однак для успішного вирішення проблеми повноцінного харчування населення поряд зі збільшенням виробництва холодильників необхідно встановити і їх оптимальні характеристики:

Оптимальний рівень температур, що забезпечує одночасне зберігання різних продуктів; Ємності холодильників різних типів, стосовно до потреб різних категорій населення;

Співвідношення ємностей з позитивними і негативними температурами.

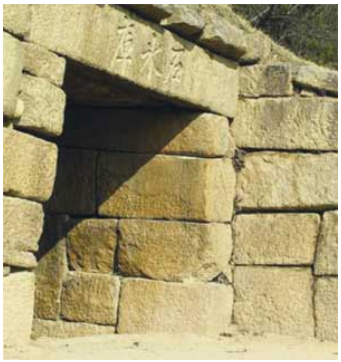
Питання про оптимальну ємності холодильників для тих чи інших груп населення не можна вирішувати, виходячи тільки з досвіду або опитувань споживачів. Навички користування холодильниками і спостерігається у нас прагнення до придбання все більших холодильників повинні підкріплюватися безперервним вдосконаленням форм торгівлі харчовими продуктами і розвитком виробництва швидко розморожених продуктів. У міру успішного вирішення проблем виробництва і торгівлі відповідно зростатиме попит на великі холодильники з все більш ємними низькотемпературними відділеннями і з все більш низькими негативними температурами.

1. АНАЛІЗ І ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

Ще за 400 років до нашої ери перські інженери вміли зберігати влітку в розпеченій спекою пустелі лід, привезений взимку з довколишніх гір. Стіни підземного сховища під назвою «якшаль» (рис. 1) мали товщину до двох метрів і були складені з блоків, до складу яких входили змішані в певній пропорції пісок, глина, вапно, зола і цапина шерсть. Склад був абсолютно водонепроникний і відрізнявся чудовими теплоізоляційними властивостями. Мабуть, настільки капітальними в ті часи були тільки фортифікаційні споруди.

Мал. 1. Якшаль - сховище льоду в м Керман (Іран)

Досить великими були і сховища льоду «сеогбінгго», які будувалися в середньовічній Кореї (рис. 2). Такі бастіони холоду, споруджені з більш ніж тисячі кам'яних блоків, до сих пір можна побачити в археологічних парках цієї країни.



Мал. 2. Сеогбінгго - середньовічне корейське сховище льоду

Значні обороти набрала крижана індустрія в XIX столітті в США, де взимку для збору льоду використовувалися практично всі замерзають водойми (рис. 3). Лід поставлявся навіть в тропічні регіони країни (природно, в основному в будинку багатих людей).

«Холодильник», яким користувалися заможні американці, був корпус з кедра, всередині якого містився контейнер з металевих листів, ізольованих від корпусу кролячим хутром. Ящик мав два відділення: одне для охолоджуваних продуктів, друге - для льоду. Зрозуміло, був передбачений і відведення талої води.

Мал. 3. Робочі крижаний галузі (США, XIX в)

У XIX ст. ці, як їх називали, крижані ящики («айс-бокси») користувалися великим попитом. До речі, винахідник цього пристрою Томас Мур і ввів в обіг термін «холодильник» (англ. Refrigerator).

Склади, на яких зберігався лід, будувалися з розмахом, до пари епосі (рис. 4). Є унікальне фото подібного складу після сильної пожежі, повністю знищила його дерев'яні конструкції (рис. 5). У цій битві вогню і льоду, що відбулася в 1912 р, перемогу здобув лід: на знімку видно штабеля закопчених крижаних блоків, що підносяться над обгорілим остовом будівлі. Уже в наступному році був відбудований новий склад, здатний вмістити 100 000 тонн льоду, з каркасом із сталі і обшивкою з негорючих матеріалів.

Для развоза льда потребителям в середине XIX века появились повозки-рефрижераторы, в 1867 г. был запатентован первый железнодорожный вагон-холодильник, а как только на свет появился автомобиль, его незамедлительно пристроили к доставке льда (рис. 6).

Мал. 4. Склад льоду (м Ватсонвілль, США, XIX в.)

Мал. 5. Місце льоду після пожежі (США, 1912 г.)

Мал. 6. Автомобіль для доставки льоду (США, 1910-і рр.)

холодильна машина

«Крижана» індустрія процвітала, але при цьому не припинялися спроби створити пристрій для отримання штучного холоду.

Там, де до засніжених гір було далеко, люди давно знайшли інші способи влаштувати собі зиму цілий рік. Для цього потрібно було лише помітити, що будь-яка поверхня при випаровуванні з неї рідини охолоджується. Стародавні індуси домагалися заощадження продуктів, виставляючи на вітер обгорнуту вологою тканиною ємність.

Вагоме слово в цьому питанні сказала середньовічна Європа. Невгамовні алхіміки виявили, що деякі солі, в тому числі селітри (натрієва, калієва, аміачна) при розчиненні у воді істотно зменшують температуру навколишнього їхнього середовища. При змішуванні ж селітри з льодом вдавалося досягти температур

нижче нуля. Це досягнення стало, мабуть, першим способом штучного охолодження. Цікаво, що він застосовується до сих пір. У лікарів і туристів популярні так звані cold packs - герметичні ємності з водою, всередині яких поміщена ампула з аміачною селітрою. Роздавав її, можна охолодити пакет на 10-15 ° С.

Але це був ефект короткочасного охолодження. Створення апарату, що генерує холод постійно - ось проблема, яка опанувала умами вчених.

Вирішити проблему охолодження продуктів на новому рівні вдалося в 1748 р професору медицини з міста Глазго Вільяму Каллена. У сконструйованої їм установці киплячий в вакуумі діетиловий ефір (фізикам вже було відомо про зниження температури кипіння рідини при зменшенні тиску) переходив в іншу камеру, де конденсировался, віддаючи холодильній камері тепло. Це був перший апарат (правда, так і залишився тільки експериментальним), який генерував холод в замкнутому циклічному процесі. Саме за цим принципом працює більшість сучасних холодильників.

До початку XIX ст. на провідні позиції в пошуках штучного холоду вийшов Новий Світ. Якщо в Європі дослідження по отриманню холоду проводилися в університетах, то за океаном рушійною силою відкриттів була комерція.

Так, ще в 1805 р американець Олівер Еванс спроектував пристрій для отримання холоду, подібне установці Вільяма Каллена. Однак свою машину Еванс не збудував. Його ідею в 1834 році успішно здійснив Джейкоб Паркінс, який створив компресійну машину замкнутого циклу, що працює на діетиловому ефірі, і отримав перший в США патент на технологію штучного охолодження.

Через 10 років, грунтуючись на тому ж компрессионном циклі, Джон Горі створив агрегат, що дозволяє виробляти лід для госпіталю та кондиціонувати повітря в палатах. Успіхи розробників компресійних установок були очевидні, але паралельним курсом велися розробки альтернативних методів отримання холоду.

У 1810 р Джон Леслі, професор Единбурзького університету, запропонував абсорбції спосіб охолодження поверхні при пропущенні сірчистого газу через

воду. Однак першого працюючого холодильного пристрою абсорбційного типу довелося чекати більше 50 років. Лише в 1862 р Фердинанд Керрі представив на виставці в Лондоні установку, яка виробляє близько 200 кг льоду за годину. Ефект був приголомшливим.

Остаточним «вироком» для збирачів натурального льоду стали теплі зими 1889-1890 рр., Що схилили чашу терезів на бік нових технологій. Зростаючі як гриби після дощу заводи з виробництва штучного льоду явно випереджали підприємства зі збору льоду натурального, а незабаром і повністю витіснили їх. Правда, для населення це не мало принципового значення, хіба що тепер люди заповнювали свої «айс-бокси" не натуральним, а штучним льодом.

На початку XX століття, а точніше в 1910 році, в США був винайдений перший домашній холодильник, який мав машинне охолодження. Цілий рік після створення цієї машини відкриття удосконалювалося і піддавалося різним модифікаціям. Саме тоді, рік по тому, в 1911 році успішна американська компанія «Дженерал Електрик» ризикнула першою запустити у виробництво холодильний агрегат під назвою «Одіфрен», який призначався для застосування як в домашніх умовах, так і в торгівлі. Ця холодильна машина отримала ім'я її творця, французького фізика Марселя Одіфрена, і відрізнялася досить оригінальною конструкцією. Але це ще не всі переваги новітнього агрегату. Машина, винайдена французьким фізиком, вперше працювала на автоматиці! Її конструкцію Одіфрен розробив і запатентував ще в 1895 році. До переваг революційної холодильної машини ставилися відмінний теплообмін, відсутність клапанів, сальників і легкість в обслуговуванні. Міняти приводні ремені і змащувати підшипники доводилося всього лише один-два рази на рік. Компанія «Дженерал Електрик» цілком успішно випускала такі холодильні установки протягом сімнадцяти років, аж до 1928 року.

Тим часом, не тільки «Дженерал Електрик» займалася випуском холодильних машин. Ще один домашній холодильник з автоматичним регулюванням розробив і створив вчений-інженер Копеланд, і вже в 1918 році компанія «Кель-

вінейтор», не втрачаючи часу, запустила цей агрегат у виробництво. Протягом року фірмою було виготовлено шістдесят сім таких холодильників.

Агрегати з машинним охолодженням

Час минав, і в 1925 році в США стали постійно випускати холодильні агрегати, що мають машинне охолодження. Протягом року з конвеєра зійшло 64 тисячі холодильних машин, що дало точку відліку швидкому зростанню виробництва в цій галузі, який, правда, дещо сповільнилося в 30-х роках - з вини економічної кризи.

Перший холодильник з машинним охолодженням був громіздким спорудженням: обсяг його приблизно в п'ять разів перевищував ємність камери для зберігання продуктів, а займав він близько квадратного метра підлоги. Для виготовлення шафи застосовувалося дерева, а теплоізоляція забезпечувалася пробкою. Стінки першого холодильника були товщі, ніж броня в танків тих часів: товщина з досягала 140 мм. Як холодоагент застосовувався аміак або сірчистий ангідрид - неважко здогадатися, що його витік була чревата серйозними проблемами. Сам холодильний агрегат монтувався зверху чи знизу, а обертання компресора забезпечувалося окремим електродвигуном з ремінною передачею. Підшипники належало змащувати як мінімум раз на тиждень.

До 1922 року в цій області вдалося досягти суттєвих успіхів: на один холодильник в середньому припадало 2,5 відвідування обслуговуючого персоналу в рік; до 1924 р число відвідувань скоротилося до 1,5, а електродвигун досить було змастити один раз на рік.

Абсолютно герметичная машина

Для того щоб впровадити у виробництво і в побут компресійні холодильники, необхідно було щось кардинально поміняти в конструкції компресора. Так, в 1926 році датський інженер Стінструп запропонував компанії «Дженерал Електрик» абсолютно нову конструкцію холодильника - абсолютно герметичну машину, яка незабаром отримала назву «МОНІТОР ТОП».

Другим важливим удосконаленням кінця 20-х років, що дозволило організувати багатосерійне виготовлення холодильників на конвеєрних лініях, з'явився суцільнометалевий шафа, що складається з двох вставленных один в інший зварних сталевих корпусів, між стінками яких укладалася теплова ізоляція.

І конструкція, і зовнішній вигляд холодильника зазнали серйозних змін, коли шафа став суцільнометалевим, холодильний агрегат придбав компактність і герметичність, а для термоізоляції стала використовуватися мінеральна вата. Стелею холодильної камери служила плита, до якої кріпилася сама холодильна машина; все це вставляли в шафу від верху. В результаті холодильник нагадував своєю формою і габаритами витончений платтяна шафа.

Холодильні машини в Європі і Японії

Європа намагалася не відставати від Америки, і випуск домашніх холодильників, що мають машинне охолодження, стартував там з 1926 року. Перші холодильники випустила компанія під назвою «А-Тевес», а трохи пізніше, в 1928 році, на ярмарку в Лейпцигу було представлено вже близько восьми компаній, що виготовляють компресійні холодильники ємністю близько 150-550 літрів.

Практично кожні рік-два холодильні машини удосконалювалися, якість їх поліпшувалося, технічні можливості розширювалися, і незабаром німецькі інженери та виробники випустили в виробництво новітній тип компресійної холодильної машини під назвою «Аутополяр» і «Аутофрігор». Конструкція цих

машин була ще більш компактною, ніж американський «МОНІТОР ТОП». Однак, за цілою низкою причин, цей агрегат все ж не отримав широкого розповсюдження.

В Європі впровадження компресійних холодильників відбувалося ще більш повільно, ніж у США. У 1935 р перебувало в користуванні холодильників з машинним охолодженням (в тис. Шт.): В США 5825; в Англії 60-100; в Німеччині 30 (в тому числі в Берліні 1,7); в Швеції близько 17 (в тому числі в Стокгольмі 8); в Чехословаччині (до кінця 1933р.) 3,36; в Фінляндії 2,5; в Норвегії, в Осло, приблизно 1; в Угорщині, в Будапешті - 0,05.

Застосування фреону. Промисловий «бум»

Використання фреону в холодильній промисловості зробило нехай і невелику, але все ж революцію. На самому початку 30-х років американські компанії «Вестінгауз» і «ФРІДЖІДЕР» запустили у виробництво герметичні машини, де в якості холодильного агента було використано нову речовину, відоме під назвою фреон. Фреони були синтезовані в 1929 р співробітниками «Фріджідер» Мідглі, Хенне і Мак-Нері. Виготовлення фреонів було освоєно хімічної фірмою «Дюпон», яка за 9,7 млн. Доларів купила патенти на право їх виробництва у «Фріджідер». З середини 30-х років нове з'єднання фтору - фреон-12 стало витісняти хлорметил - основний холодильний агент того часу.

«Бум» у виробництві холодильників породив в 30-і роки безліч різноманітних по конструкції моделей. Зачатки майже всіх технічних рішень, які отримали розвиток в наступні роки (навіть через 20-30 років), можна знайти в холодильниках цього періоду.

Черговий інновацією, подхлестнувшей розвиток холодильної промисловості, стало застосування в герметичних машинах капілярної трубки в якості регулюючого органу - пальма першості тут належить американській компанії "Сервал". Це дозволило відмовитися як від складного і малоефективного поплавкового вентиля з ресивером, так і від розвантажувального пристосування в компресорі - коли компресор зупинявся, холодоагент перетікав через капілярну трубку, вирівнюючи тим самим тиск в системі. Завдяки капілярної трубці вдалося домогтися істотного спрощення конструкції агрегату і, як наслідок, підвищення надійності; тим не менш, остаточну перемогу нова технологія отримала лише в 40-х роках.

Починаючи з 1933 р фірма «Дженерал електрик», відмовившись від емальованої сталі і лудженої міді, стала виготовляти випарник з нержавіючої сталі. Випарник збирався з двох листів хромонікелевої сталі, в яких були виштампувані канали для проходу фреону і колектори; листи з'єднувалися точковим зварюванням. Подібна конструкція застосовувалася аж до середини 50-х років.

У моделі «Ліфтоп», випущеної в 1934 р, «Дженерал електрик», прагнучи задовольнити попит на недорогий побутовий холодильник, вперше здійснила прикріплення труб конденсатора до внутрішньої поверхні корпусу шафи. Аналогічна конструкція конденсатора застосовується зараз в морозильниках.

Дводверні гіганти і двокамерні "немовлята"

Перший двокамерний холодильник був поставлений на конвеєр компанією "Фріджідер" в 1930 році. Як і сьогодні, одна камера була призначена для зберігання заморожених продуктів, а інша - для охолодження при плюсовій температурі. Камери розташовувалися поруч один з одним. Через кілька десятків років таке компонування отримає назву "Side-by-Side" і завоює популярність у всій Північній Америці, але перший досвід продовження не отримав.

Інженери компанії «Тріколд рефріжерейшен» підійшли до ідеї двокамерного холодильника по-іншому, розробивши компонування, широко використовується в наші часи європейськими виробниками холодильників. Нізкотемпературая камера розташовувалася знизу, а плюсова - зверху. Охолодження камер здійснювалося за допомогою дух послідовно з'єднаних випарників, по одному в кожній камері, і одного компресора. Повсюдного визнання двухіспарітельной системі довелося чекати довго: цілих 25 років.

Багато великих холодильники, незалежно від кількості камер, для зручності використання мали двоє дверей, розташовані поруч. Черговий "прорив" стався в середині 30-х років: фахівці фірми "Ленард" першими забезпечили полками дверні панелі. Приблизно тоді ж на ринку з'явилися і холодильники, що вбудовуються в кухонні меблі. Вже до цього часу в США було виготовлено понад 2 млн., А в Німеччині - близько 40 тис. Компресійних холодильників.

Дизайн побутового холодильника

З середини 30-х років стала вважатися модною (як і в автомобілебудуванні) плавна, скругленная форма виробів. Щоб створити враження обтічності, радіус верхнього кута корпусу шафи був збільшений, ніжки маскувалися бічними стінками, опущеними до низу. Для декоративного оформлення стали застосовувати смужки з нержавіючої сталі або хромовані. Вимоги ринку (зручність користування) змусили виробників перейти переважно на нижнє розташування холодильного агрегату, хоча це ускладнило його конструкцію і ускладнило збірку шафи. Тенденція до "обтічності" посилилася в наступні роки, її панування тривало протягом двох десятиліть.

Побутовий холодильник в епоху СРСР

В СРСР перший домашній холодильник був сконструйований в 1935-1937 роках. Пілотну партію холодильних машин (ХТЗ-120) випустив в 1939 році Харківський тракторний завод. Потім, через кілька років, провідні радянські

інженери і розробники спроектували і налагодили випуск ще більш нової, вдосконаленої моделі холодильника: на автозаводі ім. Лихачова була створена герметична фреонова машина. Так, побутові холодильники марки ЗІЛ, які ми можемо пам'ятати ще з часів нашого дитинства, почали проводитися в березні 1951 року. Серійне виробництво зростало, і в тому ж році в Саратові з конвеєра зійшов компресійний холодильник «Саратов» об'ємом всього 85 літрів. Виробництво невеликих (45 л) газових холодильників абсорбції було організовано на Московському заводі домашніх холодильників (колишній 'Газоапарат') ще раніше, в 1945 р

Технічний прогрес і статистика

Друга половина 50-х років принесла суттєві нововведення. У 1954 р американські фірми «Олін Матчесон» і «Рейнольдс алюміній» розробили прокатно-зварної спосіб виготовлення випарників з алюмінію під назвою ролл-бонд. У 1956 році цей метод був освоєний в Англії і ФРН, в 1958 р - в СРСР. Технологічність і стійкість до корозії зумовили швидке поширення алюмінієвих випарників в холодильниках. Частка холодильників з алюмінієвими випарниками в загальному випуску склала: в 1957 р в США - 75%, у ФРН - 50%; в СРСР в 1958 р - близько 30% (холодильники ЗІЛ). З метою збільшення обсягу низькотемпературного відділення випарники стали робити на всю ширину камери.

В середині 50-х в якості матеріалів для дверних панелей почав застосовуватися полістрол і метод вакуумного формування. Полістрол знаходив все більш широке застосування: незабаром з нього почали виготовлятися і внутрішні камери. Для термоізоляції почав використовуватися пінополістирол і пінополіуретан; вже в 1959 році більше 5% британських холодильників теплоізольовані за допомогою цього матеріалу. У свою чергу, японські виробники все ширше застосовували надтонке (5-6 мкм) скловолокно.

Намітилася тенденція повернення до колишньої, прямокутній формі шафи. Дно холодильної камери стали розташовувати майже у самої підлоги; це було незручно для споживача, але дозволяло максимально ефективно використовувати простір, займане шафою. Почасти тому в Європі воліли монтувати конденсатори на задній стінці шафи. Конструкція конденсаторів також зазнала змін.

Використання акрил-бутадиенового старола

На початку 60-х, коли пластик все впевненіше входив в побут, в холодильній індустрії США почалося широке застосування нового вода пластмас - акрил-бутадиенового стиролу (АБС). Високі механічні властивості, а головне - стійкість по відношенню до фреону визначили гарні перспективи нового матеріалу.

Шістдесяті роки ознаменувалися широким поширенням в Європі простих у виготовленні пластмасових внутрішніх камер. У США основним конструкційним матеріалом для камер залишився метал. Це пояснюється відносно низькими цінами на нього і наявністю високопродуктивних автоматичних ліній з виготовлення металевих камер. Однак, щоб успішно конкурувати з пластмасами, необхідно було спростити процес емалювання сталевої камери або вишукати нові види покриттів. На початку 60-х років в США освоєний цілий ряд нових процесів: одношарове емалювання, гальванічне покриття стали, покриття металу пластмасою. Для виготовлення камер стали використовувати пофарбований алюміній.

Розвиток електроніки, поява нових матеріалів, удосконалення технологічних процесів, нарешті, новий підхід до дизайну побутової техніки - всі ці фактори зробили холодильник таким, яким ми звикли його бачити. Але сучасні пристрої для охолодження і заморожування продуктів, набитийые самой совре-

менной электроникой, здатні виконувати безліч інших функцій, включаючи найекзотичніші - тема для окремої розмови. У 80-е японські виробники почали інтегрувати електронне управління роботою холодильників. До цього часу холодильники мали різні габарити, дверцята могли відкриватися в будь-яку сторону, були холодильники з регульованими полицями і т.д.

Використання в останні роки прозорих пластикових елементів, електронного урядування та використання сучасних матеріалів дозволило створити холодильники різних дизайнів і вбудованої техніки. Також холодильники стали більш надійними в роботі і легкими в обслуговуванні, а використання сучасних технологій «No Frost» і «Safe Frost» поліпшило їх споживчі властивості.

Аналіз побутових холодильників

Тепер з кожним роком холодильники вміють все більше і більше. Тут і автоматичний генератор льоду, хочете - в кубиках, хочете - в вигляді крижаної крихти; і тристоронній обдув продуктів вентилятором, що прискорює їх охолодження, швидко вирівнює температуру, не допускає утворення інею; і звуковий сигнал про залишену відкритих дверцятах; і потужна система усунення запахів; і

диспенсер для розливання холодних напоїв без відкривання дверцят. Все це робить нові холодильники домашньою прислугою вищого класу.

магнітні холодильники

У Еймсской лабораторії Міністерства енергетики в США побудований перший в світі магнітний холодильник. Його принцип дії заснований на здатності деяких сплавів нагріватися при зростанні напруженості магнітного поля і охолоджуватися при її зменшенні. Хоча це явище і було відкрито понад вісімдесят років тому, практичне застосування йому знайшли тільки зараз.

Інженери переконані, що холодильники і системи кондиціонування повітря, засновані на цій технології, можуть з'явитися у продажу в найближчі роки. Вже є діючі зразки магнітних холодильних установок нового типу.

Можливо, незабаром повсюдно продукти будуть охолоджуватися обертовим металевим диском, постійним магнітом і невеликою кількістю води. Як це буде відбуватися?

Між полюсами постійного магніту обертається плоский металевий диск так, що в магнітне поле кожного разу потрапляє тільки частина диска, інша частина - поза полем. Коли ця частина вдвигается в область магнітного поля, крихітні двополюсні магнітики в матеріалі диска вишиковуються уздовж силових ліній, і температура диска в цьому місці підвищується. Виник тепло відводиться циркулюючої в цій області водою. Коли ж ця частина диска виходить за межі магнітного поля, магнітики в ній більше не утримуються його силовими лініями і знову розгортаються випадковим чином, витрачаючи на це теплову енергію і охолоджуючи тим самим диск нижче навколишньої температури. Заодно охолоджується омиває його вода в другому контурі. Ця охолоджена вода і використовується в якості холодильного агента в новому магнітному холодильнику.

Для підвищення ефективності магнітного охолодження дослідники підшукують оптимальний матеріал для диска. У чинному зараз зразку використовуєть-

ся диск з гадолінію, редкоземельного металу, який йде зараз на записуючі головки відеомагнітофонів. Підбираються і більш дешеві матеріали.

Магнітні холодильники в будь-якому випадку будуть дешевше в експлуатації, вони екологічно чисті (їх холодоагент - звичайна вода) і практично безшумні. Чи будуть вони мати форму паралелепіпеда, циліндра або кулі - покаже час. Вже скоро.

Циліндричні холодильники

Ще на зорі розробок побутових холодильників всерйоз обговорювалася циліндрична форма корпусу. Багатьох це тільки тішило, але насправді ідея сповнена глибокого практичного сенсу.

Почнемо з того, що холодильник тим більше заощаджує енергію, чим менше відношення його поверхні до корисного об'єму. Тобто чим менше поверхню при тому ж обсязі, тим менше виробляється холоду втрачається через випромінювання з поверхні і тим менше енергії потрібно для його роботи при інших рівних умовах.

Наприклад, якщо взяти за одиницю обсяг куба, а поверхня цього куба прийняти рівною 100%, то паралелепіпед такого ж обсягу, але з співвідношенням сторін 0,7x0,7x2,1 (вельми поширені пропорції холодильника) матиме умовну поверхню 114%. І значить, такий паралелепіпед втрачатиме на 14% більше холоду, чим куб.

А циліндр із співвідношенням діаметра і висоти 0,9 і 1,58 (теж прийнятна пропорція для холодильника) має умовну поверхню 96% і буде втрачати холоду на 4% менше, ніж куб, і на 18% менше, ніж паралелепіпед. Здавалося б, не так багато, але при цілодобової і цілорічної роботи набігає вельми істотна економія.

Крім того, холодильники у вигляді куба, циліндра, кулі (а чому б і ні?) Будуть легше, і на їх виготовлення піде менше матеріалу, ніж на такі ж по корисного об'єму холодильники у формі паралелепіпеда.

Причому куля буде мати поверхню найменшу з можливих і рівну 81% від поверхні куба ...

Цей математичний висновок наочно проявляється в природі і в формі багатьох навколишніх природних утворень, починаючи з планет, зірок і за наше Сонце і закінчуючи яблуками, кавунами та іншими кулястими плодами. Ескімоси інтуїтивно будують свої крижані будинки-голку напівкулястими, так вони втрачають мінімум тепла від палаючого всередині вогнища ...

Так що сама раціональна з точки зору теплофізики конструкція холодильника - куляста! Але ніхто поки не зміг придумати, як найкращим чином використовувати внутрішній кулястий обсяг такого холодильника, і де у такого холодильника буде двері ...

Наступна вельми економічна конструкція - це циліндр, еліптичний або круглий в перетині. Погодьтеся, вона цілком прийнятна для побутових умов, але довгий час поява циліндричного холодильника стримував консервативний дизайн наших кухонь, де все підпорядковано прямих лініях. Тому тиражувалися і продовжують тиражуватися моделі самої програшною з енергетичної точки зору форми рівновеликого за двома напрямками прямокутного паралелепіпеда.

І ось, не минуло й ста років роздумів над цією заморочки, як в масовому продажі з'явилися циліндричні холодильники! Сьогодні їх, наприклад, виробляє американська корпорація Equator.

При висоті в 68 дюймів (170 см) і діаметрі 30 дюймів (75 см) з відкритою навстіж дверцятами його розмір 39 дюймів, або 97,5 см. Ця модель має корисний об'єм холодильного відділення 242,3 л, а об'єм морозильного відділення - 83 , 1 л. Неслабо! Холодильник традиційної прямокутної форми з такою місткістю має габарити 186x60x60 см.

Циліндричні холодильники не тільки економічніше з точки зору витрат електроенергії, а й легше, дешевше (матеріалу на них йде менше). Виготовлення циліндричного корпусу більш технологічні і дешевше прямокутного.

Морозильна камера в цій моделі змонтована внизу і має окремий компресор. Режим «швидка заморозка» дозволяє отримати кубики льоду менш ніж за годину.

Циліндричний холодильник має обертові висувні скляні полки типу «Ледача Сьюзен». Це назва відома кожному американцеві-завсіднику салунов і барів. Там цим ім'ям називають пристрій, що обертався, що заміняє нерозторопність роздатчиця тарілок з їжею.

Обертаються полки циліндричного холодильника полегшують доступ до потрібних продуктів, а загартоване скло, з якого вони зроблені, забезпечує зручний огляд всього вмісту холодильника.

Доповнюють зручності 8-футовий шнур живлення і задні коліщатка для легкості пересування холодильника-колони з місця на місце.

І ще - тепер замість проблеми: як розмістити в кутку або біля стіни незвичний циліндричний холодильник? - Виникло оригінальне дизайнерське рішення: циліндричний холодильник розташовується посередині просторої кухні або в будь-якому місці квартири-студії, об'єднаної з кухнею. Справді, чому він обов'язково повинен бути кудись приткнути? Циліндричні моделі красиві, вони піднімаються в просторі як цілком самостійний елемент дизайну, на зразок колони, і можуть стати цвяхом інтер'єру.

Термоелектричні холодильники

Крім класичного компресійного способу охолодження в світі давно паралельно використовується ефект термоелектричного охолодження. Ще в XIX столітті було виявлено, що місце з'єднання провідників з різних матеріалів при протіканні постійного електричного струму охолоджується або нагрівається в залежності від напрямку струму («ефект Пельтьє»). Але ефект цей був слабким і представляв лише науковий інтерес.

Тільки з початком широкого застосування напівпровідникових матеріалів вдалося пристосувати цей фізичний ефект для практичного застосування.

Термоелектричні холодильники існують вже десятиліття, але і зараз є чимало людей, які ніколи не чули про них. Тому що такі холодильники використовуються у вузькій області. Справа в тому, що поки не вдається досягти такого ж корисного об'єму холодильної камери, як у компресійних холодильників.

Тому в основному термоелектричні холодильники існують у вигляді пристроїв скромного розміру, що живляться від акумулятора автомобіля. Зрідка вони можуть працювати від сонячних батарей. Ось цікавий парадокс: сонце виробляє холод!

Переносні термоелектричні холодильники теж невеликі, зате мають можливість підключення як до акумулятора (12 В), так і до мережі 220 В. У побуті їх називають кулери (від англійського cool - прохолодний). Більшість кольорів виконані у вигляді теплоізольованого скрині (скриньки) з відкидною кришкою. Вони мають ручки або коліщатка для транспортування.

Втім, малий обсяг кольорів можна вигідно подати як компактність. Термоелектричний принцип дозволяє створювати холодильники, які легко можуть розміститися навіть в кишені (наприклад, для охолодження лікарських препаратів). Наша оборонка пропонує компактні кулери для охолодження, наприклад, однієї банки пива. Вони кріпляться поблизу приладової дошки водія в автомобілі.

Кулери надійні і безшумні завдяки відсутності рухомих частин, мають практично вічний термін служби, екологічні (не вимагають газу-холодоагенту). Їх можна розташовувати боком, догори ногами - як вам зручніше, вони будуть безвідмовно працювати, витримуючи їзду по сильно пересіченій місцевості. Такого вільного обігу не витримає жоден компресійний холодильник.

До недоліків відноситься невисокий коефіцієнт корисної дії (всього 16-17%) і нестабільність температури всередині кулера, вона безпосередньо залежить від температури навколишнього середовища. У спекотну погоду охолодження залишає бажати кращого.

Зате є одна «родзинка» в термоелектричної конструкції. Як уже згадувалося, термоелектричний ефект здатний викликати не тільки охолодження, але і нагрівання. Це залежить від напрямку струму. Поміняли контакти за допомогою перемикача - і термохолодільнік перетворюється в підігрівач поміщених в нього охолоджених страв (або, наприклад, пляшечок з дитячим харчуванням). Дуже зручно в дорозі або на пікніку.

Підвищення ефективності теплоізоляції

Зараз з'явилися нові моделі холодильників зі скляними дверима. Здавалося б, нічого нового, холодильники зі скляними дверцятами давно використовуються в торгівлі. Але в тому-то і справа, що це не просто скляні дверцята, а потрійний вакуумний склопакет. Приблизно такий, які ставлять в сучасні герметичні вікна.

Виявилося, що це забезпечує помітно кращу теплоізоляцію дверцят, ніж традиційні пористі ізоляційні матеріали. В результаті такої холодильник використовує менше електроенергії, ніж лампочка потужністю 60 Вт!

Економічність підвищується і за рахунок прозорості дверцята. Якщо зазвичай, відкривши холодильник, ми деякий час неуважно шукаємо поглядом те, що нам потрібно, то зі скляними дверцятами можна заздалегідь «вивідати» потрібну упаковку, а потім вже відкривати холодильник. Час, протягом якого дверцята залишаються відчиненими, скорочується в кілька разів.

На російському ринку холодильники зі скляними дверцятами-склопакетами вже представляє німецька фірма Gaggenau.

«Антибактеріальні холодильники». Використання срібла.

У 60-ті роки двадцятого століття в Європі, а потім і в США були відзначені тисячі випадків важких заражень специфічними кишковими інфекціями. Статистика привела вчених до висновку, що цим інфекціям виявилися піддані тодішні власники побутових холодильників. До цього вважалося, що небезпечні для людей мікроорганізми на холоді не активні, а ростуть і розмножуються вони

найкраще при температурі людського тіла +37 ° С. Але бактерії, що передаються через харчові продукти, легко пристосувалися до нових для себе умов існування. Багато мікроорганізми навчилися жити при близьких до нуля позитивних температурах, які бувають в холодильній камері. Причому знижені температури сприяють відбору найбільш життєздатних і тому найбільш агресивних мутантів. Не допомагає і глибоке заморожування продуктів. Мікроби витримують глибоке заморожування і відтавання десятки разів поспіль. Тому забили тривогу навіть промислові виробники льоду в США.

Більш того, з'явилися раніше вважалися відносно нешкідливими бактерії, які тепер посилено розмножуються саме при температурі холодильника +4 ° С, і при цьому їх хвороботворна сила значно зростає. Саме ці бактерії викликали першу «холодильну епідемію» 60-х років. Вона почалася з Швеції та Бельгії, дала сильний спалах у Франції, потім прийшла в Норвегію, Іспанію, США. Зауважте, що все це розвинені країни, в яких на той час більше половини сімей мали домашні холодильники.

Тоді ж, в 60-і роки, у Франції та інших країнах Європи з'явилися серйозні заклики відмовитися від холодильників і повернутися до дідівських методів короткострокового зберігання харчів в фамільних буфетах і комірках. Але прогрес не повернути назад. До хорошого, в даному випадку до зручностей зберігання продуктів в холодильнику, швидко прітикается. І все обмежилося посиленням санітарно-епідеміологічного контролю над зберіганням продуктів в промислових холодильних установках на складах і закликами ретельно мити продукти гарячою водою і перед закладкою на зберігання в домашні холодильники, і перед вживанням. Що, погодьтеся, далеко не завжди доречно. М'ясо, риба, овочі, фрукти, що зберігаються після миття, змінюють смак і якість.

З тих пір повідомлення про масові харчові отруєння з'являються з прикрою регулярністю. У свій час в періодиці писали про «мікроби з холодильника», потім все затихло: навіщо даремно хвилювати людей, коли все одно немає ефективних способів захисту?

До способів захисту можна віднести хіба що додається в комплекті до холодильника з інтегрованим випарником (а таких зараз переважна більшість) пластмасовий йоржик для прочищення отвору, через яке видаляється вода при регулярному таненні інею на внутрішній задній стінці холодильної камери.

Чим же таким може засмітитися цей отвір, якщо при таненні інею утворюється чистісінька дистильована вода? Тим не менш, багато хто з нас стикався з ситуацією, коли вихідний канал забивається якийсь слизом, і тала вода стікає на дно холодильної камери. А це якраз і є сліди непроханих мікроорганізмів, що живуть в холодильнику. Вони їдять, п'ють, народжуються, вмирають, і як би вони не були малі, з усього цього з часом утворюються помітні оку слизові грудочки, змиті талою водою в канал і забивають його. Ми не можемо побачити живуть в холодильнику мікробів, але як явно вони заявляють про свою присутність!

Ідея нового вирішення проблеми - це срібло. І якщо ідея стара, то технологія - новітня. Міжнародна компанія біотехнології, розміщена в Бостоні, США, розробила технологію AgION. Це антимікробну покриття, що базується на натуральному сріблі. Підкоряючись фізичним законам, іони срібла поступово вивільняються з покриття і переходять в поверхневу плівку вологи, де і знаходяться мікроорганізми. У режимі турбоохлажденія в холодильнику бактерії, віруси, цвіль, грибки переміщаються з заражених продуктів, осідають на стінках, де і гинуть. Тому що AgION впливає на них трьома різними способами: порушує оболонку клітин, блокує їх дихання, пов'язує ДНК клітин, ніж перешкоджає їх розмноженню. Тут їм і кінець.

Експериментально підтверджено, що покриття AgION знищує таких небезпечних збудників хвороб, як сальмонели, золотистий стафілокок та інші види стафілококів, стрептококи, туберкульозну паличку, легіонелли і багато іншого, не кажучи про різних видах цвілі і хвороботворних грибках. Тестування триває, і цей список буде значно розширено.

Причому покриття AgION саме управляє інтенсивністю випускання іонів срібла! Воно влаштовано так, що коли вологість в навколишньому середовищі підвищується, і зростання бактерій прискорюється, кількість що випускаються іонів срібла відповідно зростає. У будь-якому випадку покриття ефективно діє протягом усього терміну служби холодильника. Формування стійкості бактерій до дії срібла не спостерігається, на відміну від швидко виникає стійкості до антибіотиків.

ЛЕГО-КАМЕРА: збери морозильник сам

У деяких топ-моделях можна перетворювати одну з камер в відсік для зберігання вина при температурі від + 8 ° С до + 10 ° С. Найрізноманітніші такі моделі представлені в асортименті Bosch, Siemens, Electrolux. У деяких холодильниках Sharp одна і та ж камера може працювати при температурі від -18 ° С до + 8 ° С, в ній також можна розігрівати їжу при температурі від + 55 ° С до + 60 ° С. Всі ці зміни можна зробити за допомогою спеціального перемикача, розташованого на панелі управління.

Цікаві нововведення з'явилися в холодильниках Samsung серії MT. Виділена всередині спеціальна зона Cool Select Turbo дозволяє вибрати оптимальний

режим зберігання продуктів: її можна використовувати для глибокого заморожування продуктів (-12? С), легкої заморозки (при -5 ° С) - така температура оптимальна для заморозки м'яса без втрати вологи, або зберігання продуктів в «зоні свіжості» (+3 ° С).

Кардинальне вирішення в сфері комбінування морозильних і холодильних відділень запропонувала дизайнер Анжеліна Мелош. Розроблену нею модульну систему холодильників поки, щоправда, можна придбати тільки в Європі. Покупець самостійно складає холодильник з кількох «ящиків», кожен з яких призначений для певного типу продуктів - вина, м'яса або риби, овочів, заморожених продуктів. Будь-який з таких модулів оснащений окремим блоком управління з електронним дисплеєм.

Застосування енергоефективних технологій

Ще одна тенденція нашого часу - прагнення до максимального скорочення витрат електроенергії. Буквально кілька років тому ринок вперше побачив холодильники А + класу енергоефективності. Поява «плюса» означало, що класифікація не встигає за реальними успіхами виробників: реальний витрата електроенергії виявляється нижче, ніж кращі показники, передбачені європейською класифікацією. У 2009 році на ринку побутової техніки з'явилися холодильники А ++ і А +++ класу енергоекономічності (Liebherr, Miele). Для порівняння скажемо, що ще 7 років тому морозильна камера об'ємом 150 літрів витрачала 0,40 кВт / год, а в сучасна модель класу А +++ тільки 0,26 кВт / год!

Використання технології консервації

Все частіше виробники наділяють холодильники досить оригінальними здібностями. Так, корпорація Hitachi Appliances випустила серію холодильників, в яких застосовується незвичайна технологія консервації. Там є спеціальна вакуумна камера для зберігання м'яса, риби, фруктів і овочів, забезпечена «фільтром запахів». Це означає, що зі спеціального картриджа холодильник розпорошує на

продукти антиоксидант - сполуку, ідентичне вітаміну С. Творці холодильника запевняють, що така обробка чи не вдвічі уповільнює втрату продуктами поживних речовин і вітамінів.

В Японії з'явилася і ще одна подібна новинка - холодильник з системою, що підвищує вміст вітаміну С в ряді продуктів. Це модель Skillfulness V від Mitsubishi Electric. В основі системи - кольорові світлодіоди з довжиною хвилі від 420 до 690 нанометрів, які впливають на фотосинтез і не дають овочам проростати.

Залишаються популярними холодильники з вбудованою системою очищення внутрішнього простору. Так, холодильники Siemens оснащені антибактеріальної системою очищення на основі неорганічного з'єднання срібла (AgION), яка надійно запобігає розвитку і поширення шкідливих бактерій, мікробів і хвороботворних грибків. Нові моделі Beko оснащені вбудованою комплексною системою захисту Multi Hygiene +, що включає в себе антибактеріальний фільтр і іонізатор повітря. При цьому ящики для овочів і фруктів виробник забезпечив синім підсвічуванням, що продовжує процес фотосинтезу, завдяки чому довше зберігається вітамінна цінність продуктів.

Інший приклад використовуваних при виробництві холодильників винаходів - подвійний сотовідная освіжувач повітря. Розробками в області антибактеріальної захисту побутової техніки активно займається і Whirlpool. Суть впроваджуваної цією компанією нової антибактеріальної системи фільтрації повітря - застосування високотехнологічного схемного фільтра з вбудованими активними антибактеріальними компонентами Microban.

У зв'язку з цим не можна не згадати і унікальну технологію PlasmaCluster, розроблену компанією Sharp і призначену для очищення внутрішнього простору холодильника. Іони Plasmacluster циркулюють усередині холодильної камери, ефективно запобігаючи появі неприємного запаху, шкідливих мікроорганізмів і цвілі. Але це далеко не все: очищення повітря йде не тільки всередині холодиль-

ника, але і зовні: іони Plasmacluster розповсюджуються по всіх кухні і активно очищають повітря в приміщенні.

Технологія «плазмакластерних іонів» заснована на створенні великої кількості позитивних і негативних іонів. Дезактивація грибків і шкідливих бактерій відбувається завдяки тому, що позитивні і негативні іони мають властивість утворювати скупчення (кластери) навколо мікрочастинок і вступати з ними в хімічні реакції, що ведуть до руйнування їх оболонок. До речі, функцію «Plasmacluster» можна активувати, натиснувши відповідну клавішу на зовнішній панелі холодильника.

Удосконалення внутрішнього дизайну побутового холодильника.

Не менш активно працюють виробники над удосконаленням інтер'єру, або внутрішнього дизайну холодильників. Так, наприклад, нова конструкція Play Zone, яка використовується в останніх моделях холодильників Indesit, дозволяє упорядкувати зберігання банок і пляшок будь-якого розміру. Якщо в холодильник потрібно поставити лише кілька пляшок вина, то система зафіксує їх в правильному положенні і при цьому конструкція залишиться практично плоскою.

У той же час, якщо потрібно остудити більшу кількість напоїв, Play Zone можна перетворити в триярусну конструкцію, в яку легко поміщаються пляшки будь-яких форм і розмірів (винні пляшки, пивні пляшки і банки, пляшки з водою, фруктовими соками, вітамінними напоями). До речі, система Play Zone сприяє швидшому охолодженню напоїв, забезпечуючи циркуляцію повітря між пляшками.

Похилі полички для зручності зберігання пляшок і банок з напоями зустрічаються тепер в холодильниках багатьох торгових марок: Samsung, Liebherr, Siemens, Ariston та ін.

Дуже популярними стали також складні (секційні) полки, які можна використовувати як звичайні, а можна, склавши, наполовину скоротити їх ширину,

вивільняючи місце для зберігання високих пляшок та інших негабаритних продуктів.

У моделях середньої і вищої цінової категорії в двері все частіше вбудовують льдогенератор. У різних моделях він володіє різними можливостями: десь просто готує харчовий лід, а десь можна вибрати форму льоду: шматочки або крихта. Єдиний недолік вбудованого в двері льдогенератора - скорочення корисного простору на внутрішній стороні дверцят холодильника. В деякі моделі додатково вбудовують системи фільтрації та очищення води, інші просто підключають безпосередньо до водопроводу, що робить експлуатацію більш зручною.

Кольорові рішення для побутових холодильників

На цьому напрямку ідей і цікавих рішень у різних виробників ще більше. Залишається популярною модель Indesit Graffiti, яку, завдяки спеціальному покриттю, можна розмалювати або розписати в відповідності зі своїми бажаннями.

Цікаві барвисті моделі холодильників продовжує випускати Gorenje (серії Chic - «сучасна класика і мінімалізм», Vintage - «ностальгія і романтика» і Funky - «оптимізм і подорожі»). Моделі Chic доступні в кольорах: бордо, сріблястий і

чорний; Vintage - в шоколадних, кавових і шампанських тонах; Funky - в малиново-рожевому, соковитому оранжевому і кольорі «зелений лайм».

Продовжує популярну «багатоколірну» серію і компанія Ardo. Це холодильники Ardo Vintage серії Fantasy, Onlyou і Gallery. На дверцятах холодильників лінії Gallery відтворюються фрагменти знаменитих творів мистецтва, а дві інші серії - можливість створити унікальний холодильник, помістивши на дверцятах будь-який малюнок або фотографію з власного архіву. Яскраві кольорові холодильники є і в асортименті компаній Electrolux, Samsung, Vestfrost.

Чорному кольору віддає в своїй колекції перевагу компанія Candy Hoover Group: новий холодильник Hoover HVNP 4587 виконаний в ультрасучасному стилі і має насичений чорний колір.

Компанія Asko недавно випустила нову серію холодильників, яка отримала назву Sense Series. У неї входять три типи холодильників - комбінований холодильник-морозильник RF2583, стоїть окремо морозильник F2583 і однокамерний холодильник R2583, можливе оформлення в чорному, білому і нержавіючої сталі, на якій не залишаються відбитки від пальців. Моделі «нержавіюча сталь» з захистом від відбитків пальців є також в асортименті Electrolux, Beko, Gorenje.

Нові рішення для настінного інсталяції

У салонах побутової техніки все частіше з'являються холодильники French Door з єдиної нижньої камерою, що висувається вперед. Зазвичай висувною роблять морозильну камеру, а холодильна складається з двох відділень і оснащена орними дверцями. Подібні новинки з'явилися, наприклад, в асортименті Liebherr (HCS 2062), Gaggenau (RY 491), Samsung (RFG 299), Maytag (Bottom Mount Trio), LG (LFD 22860SV), Hotpoint-Ariston (Quadrio).

Новинка серед холодильників економ-класу - вузький холодильник Атлант ХМ 4014 (його ширина замість звичайних 60 см становить 54,5 см). Це витонче-

на однокомпресорних модель А-класу енергоекономічності, з прихованою панеллю керування.

Тривають і сміливі експерименти дизайнерів з конструкцією холодильників. Так, в деяких західних країнах з'явився холодильник-раковина Meneghini, який можна вбудувати в будь-який стандартний робочий стіл. У такій моделі, звичайно, не йдеться про тривалому зберіганні продуктів, а лише про їх тимчасове охолодженні, чого потребують, наприклад, пляшки шампанського перед подачею до столу або фруктовий салат. Система охолодження використовує повітря або воду, в залежності від конкретної моделі. Досить виставити необхідний рівень температури (від -1 до +8 ° С), і компресор почне свою роботу з охолодження вмісту раковини.

Компанія Siemens недавно випустила маленький холодильник у вигляді куба. Ця модель призначена для зберігання невеликої кількості продуктів і кріпиться до стіни. «Куб» має вельми оригінальний дизайн - «нічого зайвого». На зовнішніх сторонах холодильника немає ні ручок, ні дисплея - тільки гладка поверхня. Обсяг холодильника дозволяє розмістити всередині кілька пляшок з напоями, трохи закусок і кілька келихів - своєрідна заміна міні-бару.

Настінні холодильники випускає також компанія Precision Refrigeration, поки мало знайома російським покупцям. Новинка призначена в основному для кухонь в комерційних приміщеннях, де простір обмежений, а продукти в холодильнику затримуються недовго. Дизайн моделей такий, що власник сам може визначити одне, двох або трехдверний холодильник буде у нього встановлений. Робочі температури холодильників - від +1 до +4 ° С, обсяг - від 150 до 450 літрів.

Холодильні шафи для сигар

Винні шафи представлені на російському ринку вже досить давно, а ось спеціальні холодильні шафи для дорогих сигар зустрічаються поки що рідко. Називаються такі шафи «х'юмідор» і по влаштуванню нагадують винні холодильники. Так, модель Liebherr ZKes 453 обладнана трьома висувними і однієї демонстраційної полицею, може зберігати сигари при температурі від +16 до +20 ° С і рівні вологості від 68 до 75%. Х'юмідор оснащений вентилятором, фільтром з активованого вугілля для захисту від небажаних запахів і дверима-склопакетом з ультрафіолетовим фільтром і світлодіодним освітленням.

Використання цифрових технологій для побутових холодильників

Сучасні холодильники багатофункціональні і можуть вирішувати безліч допоміжних завдань, що мають, прямо скажемо, не дуже стосуються зберігання і заморожування продуктів. Завдяки розвитку цифрових технологій, вони здатні замінити і такі прилади, як телевізор, відеомагнітофон, DVD-програвач, радіо, диктофон і автовідповідач. Нерідкими стали моделі з вбудованим в дверцята холодильника рідкокристалічним дисплеєм розміром 13, а то і 15 дюймів (наприклад, Toshiba, LG, Gorenje, Samsung, Siemens). Такі габарити відповідають розміру маленького телевізора, які зазвичай встановлюють на кухні.

При цьому перемикання програм може відбуватися як з панелі управління на самому холодильнику, так і з пульта дистанційного керування, а функції приладу включають навіть стоп-кадр. Для забезпечення якісного звуку дисплей забезпечується двома підсилювачами, а в деяких моделях (наприклад, Samsung KG 39 MT 90) екран може навіть обертатися на 45 градусів, тому, в якому куточку кухні ви б не знаходилися, вам буде зручно дивитися улюблену програму.

На ринку є і холодильники з виходом в глобальну мережу Інтернет. Маючи такий прилад, заглянути всередину, щоб переглянути його вміст можна буде, залишаючись на своєму робочому місці. Для цього всі продукти, принесені додому з магазину, потрібно «зареєструвати» в холодильнику за допомогою невеликої відеокамери. Реальністю стали і моделі з вбудованою голосової гарні-

турою з функцією розпізнавання мови. За допомогою РК-дисплея в цьому випадку можна записувати і прослуховувати голосові повідомлення, залишені іншими домочадцями. В електронну пам'ять приладу закладено базу даних за термінами і умовами зберігання різного типу продуктів, а також їх калорійності.

Нещодавно компанія Gorenje підписала угоду з компанією Apple, що дозволяє вбудовувати в холодильники плеєри iPod touch. Сенсорний інтерфейс iPod із вбудованим модулем Wi-Fi дозволяє підключатися до мережі Інтернет, слухати музику, переглядати фотографії, фільми і телепередачі. Звук відтворюється через колонки, а відео - на екрані iPod. Під час приготування їжі тепер можна, наприклад, через YouTube дивитися відеоролики, шукати рецепти страв у відеоформаті і готувати їх, отримувати корисні поради по дому і, звичайно, слухати улюблену музику.

Electrolux Bio Robot Refrigerator - гелевий холодильник

Іноді зустрічаєш такі цікаві речі, повз які пройти неможливо. Тим більше, коли тема стосується кожної людини, адже без холодильника сьогодні неможливо прожити. Виявляється, ще в 2010 році, Electrolux представила світу концепт холодильника, який був створений на основі ідеї росіянина Юрія Дмитрієва. Стало дуже цікаво: так який же він, холодильник майбутнього?

По-перше, це тріумф, бо холодильник майбутнього розробив наш співвітчизник, Юрій Дмитрієв, випускник чуваської Державного Університету ім. І.М. Ульянова. Крім другого місця в фіналі міжнародного конкурсу промислового дизайну Electrolux Design Lab 2010 Юрій Дмитрієв отримав приз глядацьких симпатій за підсумками голосування в інтернеті.

Темою конкурсу була «Друга космічна ера», і учасникам потрібно було придумати побутову техніку, яка була б доречна в будинках 2050 року і була б створена з використанням енергоефективних технологій.

Юрій Дмитрієв придумав холодильник Bio Robot Refrigerator, принцип роботи якого заснований на люмінесценції, що охолоджує біополімерний гель, в якому повинні зберігатися продукти. Вхідне ультрафіолетове випромінювання перетвориться в ньому в видиме світло, який і забезпечує охолодження за рахунок різниці в довжині хвиль.

А куди вішати магнітики?

У холодильнику майбутнього немає ні полиць, ні скриньок. Це порівняно невеликий (приблизно рази в 4 менше, ніж його сучасні «колеги») шафа зі склянними дверцятами і цільним шматком зеленого біополімерного гелю всередині. Важливо, що гель не прилипає до продуктів і не псує їх. Нам сьогодні важко уявити, як будуть «плавати» яблука і банани в міхурах повітря всередині гелю. Все це виглядає сюрреалістично, ще складніше уявити, як поруч з ним буде «лежати», наприклад, сира риба, м'ясо або фарш. Хоча цілком можливо, що людям середини століття це і не буде здаватися чимось дивним.

. Так як біо-холодильник зберігає продукти в нелипких гелі, то навколо кожного продукту утворюється капсула, яка перешкоджає змішуванню запахів і

проникненню бактерій. Навіть м'ясо не потрібно буде заморожувати, і все можна зберігати в одному місці, так як холодильник після розпізнавання зможе підібрати індивідуальний температурний режим для кожного продукту.

Зауважимо, що розміри холодильника майбутнього і положення його в приміщенні можуть варіюватися - гаджет навіть можна підвісити до стелі. Великим плюсом буде і те, що внутрішній простір холодильника може бути заповнене на 90%, що серйозно економить простір на кухні і енергію, яку споживає прилад.

Концепт холодильника майбутнього Electrolux Bio Robot Refrigerator - це супер креативна задумка дизайнера Юрія Дмитрієва. Мабуть, це занадто вже нереальна ідея, щоб бути правдою, але фантастично красива, щоб нею не зацікавився Electrolux, і ми, звичайні споживачі, так пристрасно мріють заглянути в своє майбутнє.

Абсорбційний холодильник

Ось бачите, разючі зміни в домашньому холодильній справі наступають так швидко, що ми ледь встигаємо їх відслідковувати і осмислювати.

Але ж не за горами час, коли купувати продукти про запас і зберігати їх вдома буде, найімовірніше, немає чого. І холодильники можуть зовсім зникнути з нашого побуту. Тому що в кожному «розумному будинку» недалекого майбутнього на його «розумної кухні» будуть діяти нанотехнології вирощування будь-яких білкових і інших найсвіжіших поживних субстанцій прямо до обіднього столу. Тим більше що до розвивається з 70-х років науці нанотехнології тепер додалася технологія клонування. Наші смакові пристрасті, калорійність, вміст вітамінів і мікроелементів - все без праці буде запрограмовано в біогенератор. Як цей біогенератор буде виглядати? Чи не буде мучити ностальгія по доброму, товстому, затишно буркітливий холодильника?

Сьогодні він ще з нами. Сьогодні він як і раніше предмет необхідності номер один на кожній кухні. І це приємно.

На Всесвітній виставці в Парижі в 1887 році вперше демонструвався побутової абсорбційний холодильник. Це був громіздкий шафа з зовсім маленьким за теперішніми мірками холодильним відділенням. Продукти в ньому зберігалися в жарку погоду свіжими цілих два, а то і три дня! Тоді це здавалося дивом, хоча температуру в холодильнику ще не навчилися підтримувати постійною.

Йшли роки, змінювалися обставини, і сенсаційний шафа став для нас одним із предметів першої необхідності.

Але довгі десятиліття після цього побутової холодильник всього лише навчився більше вміщати в свою утробу. Подією було, коли розробники фірми Candy вперше обладнали внутрішню панель дверцята холодильника зручними поличками. Ну а ще через кілька десятків років додалася автоматичне розморожування випарника і на вибір - режим необмерзающего випарника.

Холодильні агрегати побутових холодильників виконують роль холодильних машин, т. Е. Служать для відводу тепла з холодильної камери і передачі його в більш теплу навколишнє середовище. Агрегат може бути демонтований з шафи і замінений іншим, призначеним для холодильників даного типу. Конструкції окремих, вузлів і деталей холодильних агрегатів різних холодильників з одного холодильною камерою і дверцятами можуть дещо відрізнятися один від одного, проте принципова схема їх однакова.

Холодильний процес здійснюється наступним чином. При роботі мотор-компресора рідкий холодоагент з конденсатора по капілярної трубці подається у випарник. При цьому тиск і температура рідкого холодоагенту знижуються за рахунок обмежену пропускну здатність капілярної трубки і охолодження холодними парами холодоагенту, що йдуть назустріч по всмоктуючої трубці з випарника. При температурі - 10 - 20 ° С і тиску 0 -1 атм рідкий холодоагент у випарнику кипить, поглинаючи тепло з холодильної камери. Щоб забезпечити постійне кипіння холодоагенту у випарнику при певному тиску, холодні пари його відсмоктуються компресором через всмоктувальну трубку. При русі парів до компресора температура їх підвищується за рахунок теплообміну з теплим

рідким холодоагентом, що рухаються по капілярної трубці, і навколишнім середовищем. При вході в кожух мотор-компресора температура парів дорівнює приблизно 15 ° С.

Так як температура обмоток електродвигуна і циліндра компресора значно вище 15 ° С, то вони охолоджуються парами холодоагенту, що покращує умови роботи електродвигуна і компресора в герметичному кожусі. Підігріті пари холодоагенту нагнітаються компресором в конденсатор, що охолоджується повітрям навколишнього середовища. При цьому тиск парів підвищується до 8 - 11 атм залежно від температури навколишнього середовища. При такому тиску температура конденсації насичених парів холодоагенту стає вище температури навколишнього повітря, тому в останніх витках конденсатора пари холодоагенту перетворюються в рідину. Процес конденсації пари супроводжується виділенням тепла, яке віддається навколишньому повітрю. Рідкий холодоагент, який має температуру на

10 - 15 ° С вище температури навколишнього середовища, проходить через фільтр, поєднаний з осушувальним патроном, і далі по капілярній трубці знову надходить у випарник. Описаний кругової холодильний процес роботи агрегату повторюється поки працює мотор-компресор.

За кордоном широке поширення мають двокамерні двохдверні холодильники з роздільним регулюванням температурних режимів холодильної та морозильної камер. У цих холодильниках іноді застосовують два автономних холодильних агрегату для обох камер. Однак частіше використовують один холодильний агрегат з одним загальним компресором, але з двома випарниками. Випарники можуть з'єднуватися послідовно і паралельно. Верхній випарник коробчатої форми призначається для охолодження морозильної камери, а нижній плоский - для холодильної. Принцип роботи такого холодильного агрегату нічим не відрізняється від вищеописаного.

У разі паралельного з'єднання випарників вони приєднуються до загального компресора двома капілярними трубками. На вході в капілярну трубку випар-

ника холодильної камери вмонтований спеціальний соленоїдний клапан, який відкриває шлях рідкому холодоагенту по сигналу датчика температури холодильної камери. Встановлена температура в морозильній камері в цьому випадку підтримується періодичної роботою мотор-компресора за допомогою окремого терморегулятора. Такий складніший по конструкції холодильний агрегат вимагає більшої точності у виготовленні і тому широкого застосування не має.

Окремі вузли і деталі холодильних агрегатів зарубіжних побутових холодильників іноді мають свої конструктивні особливості, проте в загальній компоновці розглянуті схеми холодильних агрегатів можна вважати типовими для всіх побутових компресійних холодильників.

За компонуванні електродвигуна з компресором компресійні холодильні агрегати побутових холодильників відносяться до агрегатів закритого типу. Закритий тип холодильного агрегату відрізняється від відкритого тим, що в ньому компресор з електродвигуном мають один загальний вал і розміщуються в герметичному кожусі. Така компоновка спрощує конструкцію приводу компресора, робить агрегат компактним і забезпечує більш надійну герметичність його без застосування спеціальних засобів ущільнення сальників.

З метою підвищення ефективності виробництва і полегшення ремонту холодильних агрегатів зараз проводиться робота по уніфікації окремих елементів: мотор-компресора, конденсатора, випарника і ін.

По розташуванню мотор-компресора в шафі холодильника розрізняють компресійні холодильні агрегати верхнього та нижнього розташування. Агрегати верхнього розташування конструктивно виконуються більш компактно, але з точки зору загального компонування в підлогових холодильниках вони незручні. Тому агрегати з верхнім розташуванням мотор-компресора застосовуються в даний час тільки в настінних холодильниках.

Агрегати з нижнім розташуванням мотор-компресора, хоча і поступаються першим по компактності, в підлогових холодильниках забезпечують зменшення габаритів шафи і більш зручну компоновку холодильної камери.

Умови тривалої експлуатації побутових холодильників і специфічні властивості холодоагенту накладають на конструкцію і виготовлення компресійного холодильного агрегату певні вимоги. Основними з цих вимог є: надійна герметичність, відсутність в системі агрегату повітря, води і механічних домішок (забруднень).

Необхідність надійної герметичності агрегату викликається тривалим терміном експлуатації холодильника, а також наступним обставиною. Компресійні холодильні агрегати побутових холодильників заповнюються порівняно невеликою кількістю (140 - 400 г) фреону. Тому навіть незначний витік фреону істотно позначається на холодопроизводительности і економічності агрегату. Крім того, фреон здатний проникати через дрібні пори в металі.

Надійна герметичність холодильного агрегату забезпечується ретельним виготовленням окремих його деталей і вузлів, щільним нероз'ємним з'єднанням їх зварюванням або твердої паянням, а також ретельним контролем. Контроль герметичності холодильного агрегату при виготовленні або ремонті здійснюється багаторазово і різними способами. Попередня перевірка герметичності окремих вузлів і зібраного агрегату здійснюється зазвичай методом опресування. У перевіряється вузол або агрегат нагнітають сухе повітря або азот під тиском 10 - 18 атм. Потім вузол занурюють у ванну з водою і по вихідним бульбашок визначають місця нещільності, які найчастіше бувають в з'єднаннях. Остаточно герметичність холодильного агрегату перевіряють після заправки його маслом і фреоном. Для цього використовують спеціальний електронний течеискатель, який виявляє витік фреону до 0,5 г на рік.

Наявність повітря в агрегаті різко погіршує його роботу. Неконденсовані повітря на виході конденсатора перед капілярною трубкою створює повітряну пробку, яка перешкоджає надходженню рідкого фреону у випарник. Внаслідок цього підвищується тиск в системі агрегату, що тягне за собою збільшення споживаної потужності і витрати електроенергії. Наявність повітря в агрегаті призводить також до небажаного окислення масла і корозії металевих частин.

Перед заповненням агрегату маслом і фреоном повітря з нього видаляють ретельно вакуумированием до тиску порядку 0,1 мм рт. ст.

Наявність в холодильному агрегаті води навіть у малих кількостях (15 - 20 мг) може серйозно порушити його роботу або вивести з ладу. Внаслідок поганої розчинності води у фреоні вона може замерзнути в капілярної трубці і припинити надходження фреону у випарник. Крім того, вода викликає псування масла, корозію деталей агрегату, особливо клапанів компресора, розкладання ізоляції обмоток електродвигуна, засмічення фільтра і т. П. Вологу з агрегату при виготовленні або ремонті видаляють шляхом ретельного сушіння як масла і фреону, так і всього зібраного агрегату. Перед сушінням всі вузли агрегату знежирюють, так як час, що залишився на поверхні деталей масло при температурі понад 100 ° С пригорає, утворюючи міцну плівку.

Сушать холодильні агрегати в спеціальних сушильних шафах, що можуть провітрювати сухим повітрям. При цьому вода, що потрапила в агрегат, перетворюється на пару, яка потім видаляється сухим гарячим повітрям і вакуумированием.

Механічні домішки, що потрапили в агрегат ззовні або що утворилися в ньому, можуть засмітити капілярну трубку і порушити тим самим нормальну циркуляцію хладагента. Шкідливий вплив потрапили в холодильний агрегат вологи і механічних домішок усувається осушувальним патроном і фільтром.

Надійність і довговічність роботи компресійного холодильного агрегату багато в чому залежить від забезпечення зазначених вимог. Тому виготовлення компресійних холодильних агрегатів вимагає високої технічної культури виробництва.

Виконуючи роль холодильної машини, холодильний агрегат побутового холодильника повинен забезпечити необхідний рівень охолодження протягом тривалого часу. Для цього він повинен мати холодопродуктивність Q0, яка при циклічній роботі повинна бути більше суми теплопритоков в холодильну камер за одне і те ж час, т. Е. Має мати місце нерівність Q0> SQ.

Циклічність роботи холодильного агрегату характеризується коефіцієнтом робочого часу b, який визначається відношенням часу роботи агрегату в циклі (від включення до виключення) до часу циклу (від включення до наступного включення агрегату в роботу).

Очевидно, чим більше коефіцієнт робочого часу, тим більше буде знос тертьових пар в компресорі і тим менше буде довговічність холодильного агрегату. Зі збільшенням коефіцієнта робочого часу збільшується і витрата електроенергії на одиницю ємності холодильної камери. Тому при проектуванні нових: холодильників величиною b можна задатися, виходячи з умови забезпечення необхідної довговічності і економічності.

З урахуванням циклічної роботи холодильного агрегату при стаціонарних температурних умовах роботи холодильника має місці співвідношення SQ = bQ0 з якого випливає, що при заданій величині коефіцієнта робочого часу необхідна холодопродуктивність холодильного агрегату визначається сумою теплопритоков в холодильну камеру в одиницю часу

1.2Фізіческій принцип дії

Охолодженням називають процес зниження темпера¬тури охолоджуваного тіла. Знизити температуру речовини можна шляхом зменшення його внутрішньої енергії. Тому для штучного охолодження створюють такі умови, при яких теплова енергія (тепло) відводиться від охолоджуваного тіла (охолоджувальної середовища) і сприймається іншим, більш холодним тілом. Для тривалого охолодження необхідно, щоб сприйняття тепла охолоджуючим тілом відбувалося без підвищення його температури, так як інакше температури обох тіл (ох¬лаждаемого і охолоджувача) стануть однаковими і охолодження припинить-ся. Такою властивістю володіють тіла при деяких змінах свого стану, наприклад, тверді тіла можуть сприймати зовнішнє тепло без підвищення своєї температури при плавленні або таненні; рідкі - в процесі випаровування або кипіння.

В основі сучасних промислових способів охолодження лежать процеси випаровування або кипіння, плавлення або танення і сублімації. Всі ці процеси протікають з поглинанням тепла з навколишнього середовища.

При переході тіла з твердого стану в рідке (плавлення або танення) тепло, сприймається їм ззовні, витрачається на зміну зв'язків між молекулами речовини, на ослаблення сил його молекулярного зчеплення. Коли тіло переходить з рідкого стану в пароподібний (випаровування або кипіння), тепло витрачається також на подолання сил молекулярного зчеплення рідкого тіла і роботу його розширення. У разі переходу тіла з твердого стану безпосередньо в газоподібний (сублімація), тепло витрачається на преодоле-ня сил зчеплення молекул речовини і зовнішнього тиску, що перешкоджає цьому процесу.

На властивості тіл поглинати зовнішнє тепло при плавленні або таненні засновано охолодження льодом і льодосоляною сумішами.

Охолодження за допомогою поглинання зовнішнього тепла при кипінні летючих рідин здійснюється холодильними машинами. Властивість тіл поглинати зовнішнє тепло при їх сублімації використовується для охолодження так званим сухим льодом. Найбільш поширеним в даний час є охолодження холодильними машинами.

Більш широке застосування отримали різні способи машинного охолодження.

Найпростішим з таких способів є спосіб дроселювання стислих газів. Якщо газ при температурі навколишнього середовища піддати сильному стиску, а потім забезпечити процес адіабатичного розширення при різкому зниженні тиску, то температура газу знизиться і його можна використовувати в якості охолоджувача

Однак отримання низьких температур таким способом пов'язано з великими енергетичними затратами.

Одним із способів машинного охолодження є охолодження вихровим ефектом. Цей спосіб здійснюється в вихровий трубці Ранка, що представляє

собою циліндричну трубку невеликої довжини, внутрішня порожнина якої поділена на дві порожнини діафрагмою з центральним отвором. Через сопло, розташоване в безпосередній близькості від діафрагми і спрямоване по дотичній до внутрішнього діаметру, в трубу подається стиснене повітря температури навколишнього середовища. При завихренні повітря в центрі труби створюється розрядження і відповідно знижується температура. Холодне повітря з tx через отвір діафрагми виходить в охлаждаемую середу. Значна частина кінетичної енергії завихрення повітря витрачається на тертя в його зовнішніх шарах, внаслідок чого повітря в цих шарах нагрівається.

Нагрітий до температури повітря виходить в навколишнє середовище через регулювальний дросельний вентиль.

Температура холодного і гарячого потоків повітря залежить від конструкції і параметрів трубки, від початкових параметрів повітря, що поступає (його вологості, температури і тиску), від співвідношення мас потоків, регульованих дросельним вентилем. При роботі вихровий трубки на сухому повітрі з початковим тиском 0,5 мН / м2, температурою 20 ° С і масовій частці холодного потоку 0,3-0,35 температура холодного потоку може досягати 50 ° С.

Однак, низька економічність термодинамічних процесів, що відбуваються в вихровий трубці, внаслідок їх незворотності і значних втрат на тертя, обмежує практичну можливість використання вихрового ефекту в побутових холодильниках.

В даний час найбільшого поширення в побутовій холодильній техніці отримали так звані парові холодильні машини (агрегати) компресійного і абсорбційного дії. Як робоча речовина в них використовують рідини, що киплять при негативних температурах.

Принцип дії заснований на тому, що теплота охолоджуваної рідини передається рідкому холодоагенту і витрачається на його пароутворення при мінусовій температурі. Пари холодоагенту подаються в теплообмінний апарат,

розташований в навколишньому середовищі, де вони віддають поглинене тепло і перетворюються в рідину.

Рідкий холодоагент знову повертається в охлаждаемую середу і цей кругової процес повторюється.

Таким чином, в цих холодильних машинах робоча речовина не витрачається, а лише циркулює в герметичній системі, змінюючи свій агрегатний стан. Це дозволяє отримувати необхідне охолодження протягом тривалого часу при невеликій кількості робочої речовини.

Принципова відмінність компресійних парових холодильних машин від абсорбційних машин полягає в тому, що по-перше циркуляція робочої речовини здійснюється при роботі компресора, а по-друге внаслідок процесу абсорбції і роботи термонасоса.

Все більш широке застосування отримує термоелектричне охолодження, засноване на явищі Пельтьє.

Сутність явища полягає в тому, що при пропущенні постійного струму через ланцюг, що складається з термоелементів, одні спаї охолоджуються, поглинаючи тепло з навколишнього середовища, а інші нагріваються, віддаючи тепло навколишньому середовищу.

Таким чином, роль холодоагенту в термоелектричному холодильнику виконує електричний струм, який переносить тепло від холодних спаїв до гарячим.

Простота процесу охолодження, а відповідно, і конструкції термоелектричних холодильників роблять термоелектричне охолодження вельми перспективним для застосування в побуті.

Крім перерахованих способів штучного охолодження є й інші способи, але вони не мають практичного застосування в холодильниках побутового призначення.

1.3.Классіфікація

Сучасні побутові холодильники та морозильники - це складні побутові прилади, що працюють в специфічних умовах - в житлових (кухонних) приміщеннях, тому до них пред'являють високі вимоги: фун-кціонірованіе в автоматичному режимі, користувач, якщо і виконує, то тільки найпростіші операції по догляду за ними; мінімальний рівень шуму; високий рівень надійності; повна безпека функціонування; можливо малі габаритні розміри при певній корисної місткості, неболь¬шая вартість і малі експлуатаційні витрати.

За типом холодильної машини побутові холодильники бувають компресорними (охолоджувані компресорної холодильної машиною), абсорбційними (охолоджуваними абсорбційної холодильної машиною) і напівпровідниковими (охолоджувані напівпровідниковими батареями), а морозильники - компресорними і абсорбційними.

Компресорні холодильники становлять значну частку в асортименті побутової холодильної техніки - понад 90%.

За способом установки холодильники підрозділяються на підлогові, настінні і вбудовані.

Підлогові холодильники, що встановлюються на підлозі приміщення, є наймасовішим типом холодильників і в нашій країні і за кордоном. Серед них можна виділити моделі, виконані у вигляді столика; висота їх така ж, як і кухонних столів - 850 мм, а зверху є виготовлена зі спеціального виду пластику сервірувальна поверхню для розміщення кухонного начиння і продуктів. Настінні холодильники, підвішуються до стіни приміщення, не займають площі статі, що важливо для малогабаритних квар¬тір

Вбудовані холодильники - апарати, що входять в конструкцію меблевого блоку і укладені в загальну з ним оболонку. Блок може бути кухонним або гостинним, як, наприклад, сервант і бар.

За кліматичними умовами експлуатації холодильники поділяються на вироби виконань У і Т. Перші холодильники призначені для експлу-атації в районах з помірним кліматом, т. Е. На території, де середній з щорічних абсолютних

максимумів температури повітря не перевищує 40 ° С, а середній з мінімумів нижче -45 ° С. до районів з помірним кліматом належить більшість території колишнього Радянського Союзу і європейських країн. Вироби виконання У, експлуатовані в житлових приміщеннях, повинні забезпечувати необхідні параметри при температурі окружа¬ющего повітря від 10 до 35 ° С. ГОСТ 16317-70 «Холодильники побутові електричні» передбачає більш вузький діапазон значень кліматичних факторів: 16-32 ° С; граничне значення температури навколишнього повітря при експлуатації * цим стандартом не обмовляється. Зазвичай для виробів виконання У верхнє граничне значення приймається рівним 40 ° С.

Холодильники виконання Т експлуатуються в районах з тропічним кліматом, до яких відносяться Близький і Середній Схід, Індія, Індонезія, В'єтнам, значна частина Африки і Латинської Америки, Куба, південний схід і дальній захід США і ряд інших районів. У Росії холодильники в тропічному виконанні виготовляються для експорту в зазначені країни. Для ізделій виконання Т, експлуатованих в житлових помеще¬ніях, граничні і робочі значення температур навколишнього повітря збігаються: від 10 до 45 ° С; Міжнародною організацією зі стандартизації (ISO) і РЕВ встановлений температурний діапазон з 18 до 43°С. До холодильників в тропічному виконанні пред'являються підвищені вимоги щодо застосовуваних матеріалов, захисних покриттів, заземлення, герметізації шафи і проборов автоматики.

За функціональною ознакою розрізняють холодильники для зберігання свіжих продуктів і свіжих і заморожених продуктів. Апарати для зберігання свіжих продуктів не мають низькотемпературного відділення. Вони випускаються в незначній кількості в деяких країнах. Можливість зберігання заморожених продуктів забезпечується тільки в тому випадку, якщо в низько-температурному, відділенні підтримується температура не вище -6 ° С; чим нижче температура у відділенні, тим довший термін зберігання.

Відповідно до міжнародних і вітчизняних стандартів застосовується розподіл холодильників на три категорії: для короткострокового (кілька днів)

зберігання заморожених продуктів - температура не вище -6 ° С; для середньострокового зберігання (до двох тижнів) - температура не вище -12 ° С; для тривалого зберігання (до трьох місяців) - температура не вище -18 ° С. Відповідно маркують холодильники однією, двома або трьома зірочками. Моделі з двома і трьома зірочками називаються двухтемпературной. У США, Канаді та Австралії маркування зірочками не застосовується. За стандартами цих країн двухтемпературной холодильники повинні забезпечувати в низькотемпературному відділенні температуру не вище -15 ° С.

За конструктивним виконанням двухтемпературной холодильники бувають однокамерні, двокамерні і багатокамерні. У двокамерних є теплоізоляційна перегородка між низькотемпературним і плюсовим відділеннями; кожне відділення забезпечене окремими дверима. Багатокамерні холодільніки мають для зберігання різних продуктів кілька (принаймні три) камер з окремими дверима.

Циркуляція повітря в камерах може здійснюватися природним шляхом або за допомогою вентилятора або комбіновано: в низькотемпературній камері примусовим способом, а в плюсовій - природним.

Холодильники з природною циркуляцією повітря в камері можуть мати один (звичайна конструкція) або два випарника (конструкція з «плаче» випарником).

У моделях з природною циркуляцією повітря низькотемпературна камера розташована вгорі; в холодильниках з примусовою циркуляцією вона може бути розміщена також внизу або поруч з плюсовою.

Холодильники розрізняються також за способом відтавання випарника: застосовують відтавання вручну, напівавтоматичне і автоматичне (частково або повністю). При першому способі споживач сам визначає момент початку і закінчення процесу, а також вручну видаляє талу воду. При напівавтоматичному - споживач визначає тільки початок відтавання, закінчення процесу - автоматичне; тала вода видаляється вручну або автоматично через дренажну систему.

Відтавання є автоматичним в тому випадку, якщо управління процесом і видалення талої води відбувається без участі споживача.

Частково автоматичне відтавання - це автоматичне відтавання однієї з двох охолоджуючих поверхонь. Наприклад, випарник плюсового відділення відтаївається автоматично в кожному циклі, а випарник низькотемпературного відділення - вручну раз в кілька місяців. Повністю автоматичне відтавання - це автоматичне відтавання усіх охолоджувальних поверхонь.

Повністю автоматизувати процес відтавання можна тільки в холодильниках з примусовою циркуляцією повітря, в інших конструкціях застосування автоматичної системи відтавання (через її частого спрацьовування) призвело б до псування заморожених продуктів.

Застосовують три способи обігріву випарника під вре¬мя відтавання: навколишнім повітрям; гарячою парою фреону, що подається компресором в випарник, минаючи конденсатор; електронагрівачем. При відтаванні вручну застосовується природний обігрів навколишнім повітрям, при напівавтоматичному і частково автоматичному - всі три види нагріву. Природний обігрів випарника в разі частково автоматичного відтавання відбувається протягом неробочої частини кожного циклу. При повністю автоматичному відтаванні застосовується інтенсивний обігрів випарника гарячою парою фреону або електронагрівачем.

Прийнята система охолодження, т. Е. Наявність одного або двох випарників, природною або примусової циркуляції повітря, в значній мірі визначає експлуатаційні і конструктивні особливості холодильників. Тому далі в цій главі будуть розглянуті (як основні типи) холодильники з одним випарником, включаючи двухтемпературной, холодильники з двома випарниками, а також холодильники з примусовою циркуляцією повітря.

По ГОСТ 16317-87 бытовые холодильники подразделяются по способу получения холода на:

— компрессионные (К);

— абсорбционные (А);

по способу установки на:

— напольные типа шкафа (Ш);
— напольные типа стола (С);

по числу камер на:

— однокамерные;
— двухкамерные (Д);
— трехкамерные (Т).

В двух камерных холодильниках имеется теплоизоляционная перегородка между НТО и плюсовым отделением.

По способности работать при максимальных температурах окружающей среды холодильники подразделяются на классы:

— УХЛ - не выше 32 ^{0}С;
— Т - не выше 43 ^{0}С.
— Камеры холодильных приборов по назначению подразделяются на:
— камеру для хранения свежих овощей и фруктов;
— холодильную камеру для охлаждения и хранения охлажденных продуктов;
— низкотемпературную камеру для хранения замороженных продуктов (НТК);
— морозильную камеру для замораживания и хранения замороженных продуктов (МК);
— универсальную камеру для хранения продуктов в свежем, охлажденном или замороженном состоянии.

Однокамерные холодильники подразделяют:

— по наличию НТО на:
— однокамерные с НТО;

— однокамерные без НТО;

по температуре в НТО на:

— с температурой не выше –6 ^{0}C;

— с температурой не выше –12 ^{0}C;

— с температурой не выше –18 ^{0}C.

Температура в НТО не выше -6^{0}C обеспечивает краткосрочное хранение в течение нескольких дней, не выше -12^{0}C в течение двух недель и не выше -18^{0}C в течение трех месяцев

1.4 Конструкція побутових холодильників

Основними структурними блоками холодильників і морозільніков є теплоізольований шафа і холодильний агрегат (машина). Шафа складається із зовнішнього і внутрішнього корпусів, розділених теплоізоляційним шаром. Зовнішній корпус є несучим і являє собою зварену конструкцію з низьковуглецевого сталевого листа товщиною 0,6-1,0 мм. Зовні корпус шафи покритий синтетичної емаллю. Внутрішній корпус утворює холодильну камеру. Він може бути металевий (сталь, алюміній) або пластмасовий (ударостійкий полістирол). Внутрішня поверхня холодильної камери, виконана з низьковуглецевої сталі, покрита синтетичною емаллю.

Низькотемпературні камери багатокамерних холодильників і камери морозильників виконують зі сплаву алюмінію або корозійностійкої сталі. Металеві камери більш довговічні й гігієнічні, але збільшують масу холодильника і морозильника. Пластмасові камери більш технологічні у виготовленні і збірці, мають меншу теплопровідність і масу. Однак вони швидше втрачають товарний вигляд, менш міцні і довговічні в сранению з металевими. Шафа закривається дверима, яка утримується в закритому положенні за допомогою затвора. Герметичність з'єднання корпусу шафи з дверима забезпечується ущільнювачем, закріпленим на внутрішній панелі дверей. У верхній зоні холодильної камери розміщується

випарник .Внутрішня обсяг випарника утворює низькотемпературне відділення. Під випарником знаходиться піддон, який має вікна для циркуляції повітря. Нижня частина зовнішнього корпусу зазвичай відводиться для розміщення компресора або частини апаратів абсорбційної машини. Для розміщення апаратів також використовується задня поверхня холодильної шафи.

Холодильна камера закривається дверима з ручкою; щільність прилягання дверей забезпечується гумовою окантовкою, яка при закриванні двері притискається до передньої площини шафи. Усередині камери знаходиться регулятор температури.

Корпус є несучою конструкцією, тому повинен бути досить жорстким. Його виготовляють з листової сталі товщиною 0,6 ... 1,0 мм. Герметичність зовнішнього шафи забезпечується пастою ПВ-3 на основі хлорвінілової смоли. Поверхня шафи фосфотіруют, потім грунтують і двічі покривають білою емаллю ПЛ-12-01, ЕП-148, МЛ-242, МЛ-283 або ін. Виконують це за допомогою фарбопультів або в електростатичному полі.

Останнім часом для виготовлення корпусів холодильників все частіше застосовують міцні пластики. Завдяки цьому скорочується витрата металу і зменшується маса холодильного приладу.

Внутрішні шафи холодильників, або як їх ще називають, холодильні (морозильні) камери виготовляють із сталевого листа товщиною 0,7 ... 0,9 мм методом штампування і зварювання і емалюють гарячим способом силікатно-титанової емаллю.

Пластмасові камери виготовляють з АБС-пластика або ударостійкого полістиролу методом вакуум-формування. АБС-пластик (акрілбутадіеновий стирол) має високі механічні властивості і стійкістю по відношенню до Хладон (фреону).

Камери у морозильників і камери низькотемпературних відділень холодильників металеві - з алюмінію або нержавіючої сталі. Сталеві камери більш довговічні, гігієнічні, але вони збільшують масу холодильника.

До переваг пластмасових камер відносяться технологічність виготовлення, малий коефіцієнт теплопровідності, менша маса. Однак такі камери швидше старіють, з часом втрачають товарний вигляд, менш довговічні і менш міцні в порівнянні з металевими.

Двері виготовляють із сталевого листа товщиною 0,8 мм методом штампування і зварювання. У деяких моделях холодильників двері виготовлені з ударомічного полістиролу.

Двері холодильника складається з зовнішньої і внутрішньої панелей, теплоізоляції між ними і ущільнювача. У більшості моделей холодильників передбачена можливість перенавескі двері, т. Е. Відкривання дверей зліва направо і справа наліво.

Двері холодильника повинна щільно прилягати до дверного отвору, інакше тепле повітря буде проникати в камеру. Для забезпечення герметичності внутрішню сторону дверей по всьому периметру окантовують магнітним ущільнювачем різного профілю.

Магнітні затвори представляють собою еластичну магнітну вставку, вміщену в ущільнювача. При закріпленні двері вона щільно притягається до металевого корпусу. Виготовлені стрічки еластичного магніту намагничивают в магнітному полі.

Теплоізоляцію застосовують для захисту холодильної камери від проникнення тепла навколишнього середовища і прокладають по стінках, верху і дна холодильної шафи і холодильної камери, а також під внутрішньою панеллю двері. Від теплоізоляційних матеріалів потрібно, щоб вони володіли низьким коефіцієнтом теплопровідності, невеликій об'ємній масою, малою гігроскопічністю, вологостійкість, були вогнетривкими, довговічними, дешевими, біостійкими, що не видавали запаху, а також були механічно міцними Для теплоізоляції шафи і двері холодильників застосовують штапельне скловолокно МТ

35, МТХ-5, МТХ-8, мінеральний повсть, пінополістирол ПСВ і ПСВ-С і пінополіуретан ППУ-309м.

Мінеральний повсть виготовляють з мінеральної вати шляхом обробки її розчинами синтетичних смол. Початковою сировиною для отримання мінеральної вати служать мінеральні породи (доломіт, доломітоглініcтий мергель), а також металургійні шлаки.

Скляний повсть - різновид штучного мі¬нерального повсті. Він складається з тонких (товщина 10 ... 12 мкм) коротких скляних ниток, пов'язаних синтетичними смола¬мі. Теплоізоляція зі скляного повсті і супертонкого волокна біостійким, не має запаху, володіє водовідштовхувальним властивістю, зручно вкладається і тому часто застосовується.

Пінополістирол - синтетичний теплоізоляційний матеріал. Він являє собою легку тверду пористу газонаповнених пластмас з рівномірно розподіленими замкнутими порами. Теплоізоляцію з пінополістиролу отримують вспениванием рідкого полістиролу безпосередньо в простен¬ках холодильної камери і корпусу шафи холодильника.

Пінополіуретан - пінопласти дрібнопористою жорсткої структури, отримані шляхом спучування поліуретанових смол із застосуванням відповідних каталізаторів і емульгаторів. Для підвищення теплозахисних властивостей в якості спучує газу застосовують хладон-11 і ін. Процес піноутворення і затвердіння піни відбувається протягом 10 ... 15 хв при температурі до 5 ° С.

Пінополіуретан має малу об'ємною масою, низьким коефіцієнтом теплопровідності, вологостійкий. Його можна вспінювати безпосередньо в холодильній шафі. При цьому він рівномірно і без повітряних порожнин заповнює весь простір в простінках, добре склеюється зі стінками, підвищуючи міцність шафи.

Залежно від якості теплоізоляційних матеріалів товщина ізоляції в стінках шафи холодильника може бути від 30 до 70 мм, в двері - від 35 до 50 мм. Заміна теплоізоляції з скловолокна ізоляцією з пінополіуретану дозволяє при одних і тих же габаритах корпусу збільшити обсяг холодильника на 25%.

Використання циклопентана в ролі спінюючого агента при отриманні жорстких поліуретанових ізоляційних пінопластів почалося в 90-х роках. Перехід на циклопентан обумовлений його екологічністю. Однак через більш високу температуру кипіння і гіршого коефіцієнта теплопровідності він поступається за ефективністю R11. Зменшення міцності при стисненні готових пінопластів зазвичай призводить до підвищення щільності виробів і труднощів при формуванні. Збільшення ваги піни, висока вартість циклопентана, витрати на переобладнання підприємства, пов'язані з безпекою роботи з горючими спіненими агентами, призводять до зростання витрат виробництва. Крім того, такі летючі органічні сполуки, як циклопентан, можуть сприяти утворенню фотохімічного смогу, в якому проходять реакції, що призводять до утворення тропосферного озону - третього за ступенем впливу на клімат парникового газу

До електричного обладнання побутових холодильників відносяться такі прилади:

- електричні нагрівачі: для запобігання дверного отвору низькотемпературної (морозильної) камери від випадання конденсату (запотівання) на стінках; для обігріву випарника при напівавтоматичному і автоматичному видаленні снігового покриву;

- електродвигун компресора;

- прохідні герметичні контакти для з'єднання обмоток електродвигуна з зовнішньої електропроводкою холодильника через стінку кожуха мотор-компресора;

- освітлювальна апаратура, призначена для освітлення холодильної камери;

- вентилятори: для обдування конденсатора холодильного агрегату повітрям (при використанні в холодильниках конденсторов з примусовим охолодженням) і для примусової циркуляції повітря в камерах холодильників.

До приладів автоматики побутових холодильників відносяться:

- датчики-реле температури (терморегулятори) для підтримки заданої температури в холодильній або низькотемпературної камері побутових холодильників;

- пусковий реле для автоматичного включення пускової обмотки електродвигуна при запуску;

- захисне реле для запобігання обмоток електродві¬гателя від струмів перевантаження;

- прилади автоматики для видалення снігового покриву зі

стінок випарника.

Електродвигуни для приводу герметичних компресорів і роботи в середовищі холодоагенту і масла застосовуються однофазні асинхронні вбудовуються електродвигуни з короткозамкненим ротором, без підшипникових щитів і вала. Вони випускаються на номінальну напругу 127 або 220 В (допустиме відхилення напруги від -15 до + 10%) потужністю 60, 90, 120 Вт. Частота обертання 1500 і 3000 хв -1.

Електродвигуни призначені для роботи в середовищі холодоагенту - хладону (фреону) -12 або хладону (фреону) -22 - і рефрижераторного масла. У побутових холодильниках застосовуються такі електродвигуни: ЕД, ЕД-21, ЕД-23, ЕДП-24, ЕДП-125, ДМХ-2-120, ДХМ-5 та ін., А також електродвигуни, що працюють в середовищі озонобезпечного холодоагенту.

Коефіцієнт корисної дії електродвигуна при номінальній потужності:

-60 Вт - 0,6 (частота обертання 3000 і 1500 хв -1);

-90 Вт - 0,67 (частота обертання 3000 хв -1) і 0,62 (частота обертання 1500 хв -1);

-120 Вт - 0,68 (частота обертання 3000 хв -1) і 0,64 (частота обертання 1500 хв -1).

Для пуску електродвигунів і захисту їх в аварійних режимах передбачається застосування пускозащитной апаратури.

Електродвигун холодильника в нормальних умовах працює циклічно, т. Е. Через певні проміжки часу вмикається і вимикається. Ставлення частини циклу, протягом якої електродвигун працює, до загальної тривалості циклу називають коефіцієнтом робочого часу. Чим він більший (при постійній температурі в приміщенні), тим нижче температура в холодильній камері і тим більше буде середньогодинної витрата електроенергії. Певну циклічність у роботі холодильника (коефіцієнт робочого часу) забезпечує датчик-реле температури - прилад, за допомогою якого регулюється температура в шафі холодильника.

Озонобезпечні холодоагенти. На Міжнародному со¬вещаніі в Копенгагені (листопад 1992 г.) було прийнято рішення про припинення провадження з 1 січня 1996 року озоноопасних хладагентов R11, R12 і R502.

У перехідний період допускалося застосування холодоагенту R134a ($C_2H_2F_4$), який не запалюється у всьому діапазоні температур експлуатації.

Холодоагент R134a має експлуатаційні характерісті¬кі, близькі до R12. Його рекомендувалося застосовувати в побутових холодільніках і він може бути використаний при перекладі холодільних систем побутових холодильників з R12 на R134a.

Холодильний агрегат побутового холодильника складається з мотор-компресора, випарника, конденсатора, системи трубопроводів і фільтра-осушувача.

У найбільш поширених побутових холодильниках компресор встановлений внизу, під шафою, конденсатор - на задній стінці, а випарник утворює невелике морозильне відділення у верхній частині камери. Іноді застосовується інша компоновка: компресор встановлюють на шафі, горизонтальний і частково похилий конденсатор - над ним, а випарник, як і в попередньому випадку, - у верхній частині камери, т. Е. Під компресором.

У підлогових холодильниках розрізняють три типи агрегатів: агрегати з випарником, який встановлюють через люк задньої стінки шафи; агрегати з випарником, який монтують через дверний проріз; незнімні холодильні агрегати, встановлені в шафу і залиті пінополіуретаном.

Компресори по конструкції поділяють на виконання:

- ХКВ - з кривошипно-кулісним механізмом;

- ХШв - з шатунним механізмом.

Компресори випускаються без влаштування додаткового охолодження і з ним (М).

Кривошипно-кулісні мотор-КОМПРЕССОРС вертикальним розташуванням вала підвішений на пружинах всередині герметичного кожуха. Залежно від конструкції підвіски пружини працюють на стиск або розтяг і служать для гасіння коливань, що виникають при роботі компресора.

Електродвигун однофазний, асинхронний, з пусковою обмоткою. Для пуску двигуна і захисту його від перевантажень застосовують пускозахисне реле, поєднане з двигуном за допомогою клемної колодки, закріпленої на прохідних контактах пластинчастої скобою. Реле встановлено на рамі.

Ротор електродвигуна поміщений безпосередньо на валу компресора. Статор електродвигуна прикріплений до корпусу компресора чотирма гвинтами. Обмотка статора двополюсна, четирехкатушечная. Корпус компресора чавунний, одночасно службовець опорою валу. Циліндр відлитий разом з глушниками. Він встановлений на корпусі мотор-компресора за чотирма контрольним штифтів і прикріплений до корпусу двома гвинтами. Для зменшення інерційних мас поршень виготовлений порожнистим з листової сталі. Повзун лаштунки чавунний. На торці циліндра встановлена прокладка всмоктуючого клапана і сам клапан за двома установочними циліндричним штифтів. Нагнітальний клапан разом з обмежувачем прикріплений до седся скоби, які обмежують підйом клапана. Висота підйому всмоктуючого клапана 0,5 мм, нагнітального - 1,18 мм.

Діа¬метр отвору всмоктування 5 мм, нагнітального - 3,4 мм. Підйом клапана обмежений, щоб не було надмірних перегі¬бов і стукотів.

Компресор холодильника: лінійний або інверторний?

Все більше виробників холодильників останнім часом намагаються випускати свою продукцію з використанням инверторной технології. Багатьом споживачам така побутова техніка, в основі якої лежить інверторний компресор, стала по «смаку».

На ринку такі холодильники ще не набули масового поширення, але, на думку експертів, їх кількість в самий найближчий час буде тільки рости. Хоча у багатьох такий вислів, як інверторний компресор, на слуху, але мало хто може детально пояснити, що це таке. Спробуємо розібратися, що являє собою ця нова технологія.

Спочатку слід роз'яснити, як працюють інверторний і лінійний компресори. Останній вид компресора - це всім відомий і звичний варіант, який працює за наступною схемою: включився, попрацював, відключився. Це означає, що в традиційних холодильниках старого типу лінійний компресор включається на максимум потужності для досягнення необхідного температурного рівня, охолоджує камеру, після чого відключається.

Такий ступінчастий метод роботи - це великі навантаження не тільки на систему холодильного пристрою, але і на електричну мережу. Всі процеси, пов'язані з роботою лінійного компресора, супроводжуються певними клацанням, які виходять від реле.

Зовсім інший принцип роботи у інверторних компресорів. Завдяки инверторной системі компресора не доводиться переносити великі навантаження, так як немає необхідності періодично включатися або відключатися. Інверторний компресор холодильника працює розмірено, гладко і плавно. Такий принцип роботи захищає всю систему від перевантажень.

Розглянемо докладніше роботу лінійного компресорного агрегату. Спочатку він включається. Датчик вимірює температуру в камері і порівнює її з температурою, яку ви самі виставили. Якщо датчиком були помічені будь-які відмінності, то система включиться на максимум, завдяки чому камера швидко охолоджується.

У процесі охолодження датчик у внутрішньому блоці перевіряє рівень температури. Після досягнення необхідної температури в камері, компресор відключається. Але датчик робитиме періодичні порівнювати температурні показники. Коли в холодильнику стане на пару градусів тепліше, то компресорна система знову включиться і буде працювати на повну потужність. І так знову і знову.

У інверторних компресорів принцип роботи сильно відрізняється. Після включення холодильника потрібний температурний рівень досягається швидко. Саме завдяки роботі інвертора температурний режим підтримується на оптимальному рівні. При цьому потужність инверторного агрегату змінюється м'яко і плавно. По суті компресор не відключається, а лише зменшує оберти і працює на тій потужності, якої достатньо для підтримки необхідної температури в камері. У підсумку ніяких температурних коливань не спостерігається.

Несомненно, у инверторных систем немало преимуществ, например:

— уменьшенное потребление электроэнергии по сравнению с холодильниками с линейными компрессорами;
— минимальный уровень шума, так как компрессору нет нужды работать на полную мощность;
— повышенный срок эксплуатации холодильника благодаря отсутствию периодических циклов включения и выключения.

Но почему холодильники с линейными компрессорами все еще производятся? С традиционным типом системы сегодня на рынке появляется немало новых моделей. Не странно ли это, если у инверторного типа компрессоров так много преимуществ? Ничего удивительного в этом нет, так как:

— инвертор чувствителен к перепадам напряжения;
— холодильники с инверторным компрессором стоят на порядок дороже

Конденсатор холодильного агрегату є теплообмінних апаратом, в якому холодоагент віддає тепло окружаю¬щей його середовищі. Пари холодоагенту, охолоджуючись до температури конденсації, переходять в рідкий стан. Конденсатор є трубопровід, вигнутий у вигляді змійовика, всередину якого надходять пари хладону. Змійовик охолоджується зовні навколишнім повітрям. Зовнішня поверхня змійовика зазвичай недостатня для відводу тепла повітрям, тому поверхня змійовика збільшують за рахунок великої кількості ребер, кріпленням змійовика до металевого листа та іншими способами.

Широке поширення отримали конденсатори кон¬вектівного охолодження з дротовим оребренням. Конденсатор є змійовик з мідної трубки з привареними до неї з обох сторін (один проти одного) ребра¬мі зі сталевого дроту діаметром 1,2 ... 2 мм. Застосовуються також конденсатори щитові з завальцованних трубкою.

У холодильниках старих моделей застосовувалися лістотрубчатие конденсатори. Лістотрубчатий щитової конденсатор складається з змійовика, який приварений, припаяний або щільно притиснутий до металевого листа, що виконує роль суцільного ребра. У листі іноді роблять прорізи з відбортовкою по типу жалюзі. Це збільшує теплопередающие поверхні за рахунок торців відігнутих металевих язичків і циркуля¬ції повітря. Діаметр труб 4,75 ... 8 мм, крок 35 ... 60 мм, товщина листа 0,5 ... 1 мм.

Труби змійовика на аркуші зазвичай розташовують горізон¬тально в деяких лістотрубчатих конденсаторах їх розташовують вертикально, щоб останні витки трубопроводу не нагрівалися від кожуха компресора. Довжина трубопроводу конденсатора становить 6500 ... 14 000 мм.

Лістотрубчатий прокатно-зварної конденсатор виготовлений з алюмінієвого листа товщиною 1,5 мм з роздутими в ньому каналами змійовика. Конденсатор має форму сплюсненої труби і закріплений на задній стінці шафи холо¬дільніка. При порівняно невеликих розмірах конденсатор працює ефективно завдяки високій теплопровідності алюмінію і теплопередачі через однорідне середовище. Для більш ефективної циркуляції повітря в щиті зроблені наскрізні просечкі. Конденсатор з одного боку з'єднаний трубопроводами з нагнітальної лінією компресора, а з іншого через фільтр і капілярну трубку - з випарником. Для захисту від корозії конденсатор забарвлюють чорної емаллю.

Випарник. У випарнику відбувається передача тепла від охлаждаемо¬го об'єкта до випаровується (кипить) внаслідок цього холодильного агенту. За принципом дії випарники аналогічні конденсаторів, але відрізняються тим, що в конденсаторі холодильний агент віддає тепло навколишньому середовищу, а в испарителях поглинає його з охолоджувальної середовища.

Випарники мають канали різної конфігурації і відрізняються способом кріплення в холодильній камері. У деяких холодильних агрегатах випарники відрізняються тим, що система каналів у них має замість двох вихідних отворі для приєднання капілярної і всмоктуючої трубки лише одне. У таких агрегатів капілярна трубка проходить всередині всмоктуючої. Кінець всмоктуючої трубки приварюють в торці вихідного каналу випарника, а капілярна трубка проходить через вихідний канал у вхідній, де її обжимають, щоб не було пе¬ретеканія хладону з вхідного каналу у вихідний.

Випарники випускають різних конструкцій. Широке поширення в холодильниках ранніх випусків мали випарники, виготовлені у вигляді перевернутої

букви П, часто витягнутої на всю ширину камери, з полицею для продуктів. У сучасних холодильниках з морозильними відділеннями у всю ширину камери випарники роблять у вигляді витягнутої букви О або поверненою вгору букви С. Випарник кріплять до стелі або бічних стінок камери.

В даний час в деяких моделях двокамерних холодильників застосовують лістотрубчатие секційні випарники, плоскі, розташовані на задній стінці камери холодильника або встановлюються горизонтально (в цьому випадку випарник одночасно є полицею). Трубопровід випарника діаметром 8 мм прикріплений до металевого листа з внутрішньої сторони. Для кріплення трубопроводу і циркуляції повітря на аркуші зроблені просечки.

У холодильниках ранніх випусків («ЗІЛ-Москва», «Київ-2» і ін.) Застосовувалися сталеві випарники з двох зварених листів нержавіючої сталі. Сталеві випарники відрізняються відносно невеликими розмірами і великою міцністю.

Капілярна трубка в зборі з відсмоктує служить ре¬гулірующім пристроєм для подачі рідкого холодоагенту у випарник. Вона являє собою мідний трубопровід з внутрішнім діаметром 0,5 ... 0,8 і довжиною 2800 ... 3000 мм (в залежності від моделі холодильника), що з'єднує боку високого і низького тиску в системі холодильного агрегату. Маючи невелику прохідність (5,6 ... 8,5 л / хв), капілярна трубка є дроселем і створює перепад тиску між конденсатором і випарником і подає в випарник певну кількість рідкого хладону. До переваг капілярних трубок в порівнянні з іншими дросселирующим пристроями (наприклад, з терморегулірующімі вентилями) слід віднести простоту конструкції, відсутність рухомих частин і надійність в роботі.

Недоліком капілярної трубки є неможливість необхідного регулювання подачі хладону у випарник при різних температурних умовах експлуатації холодильника. Для поліпшення теплообміну між відсмоктувальними холодними парами і теплим рідким холодоагентом, які рухаються протитечією, капілярну і відсмоктувальну трубки споюють між собою на великій ділянці. У деяких

холодильниках капілярну трубку намотують на відсмоктувальну або поміщають всередині неї.

Фільтр встановлюють біля входу в капілярну трубку для запобігання її від засмічення твердими частинками. Фільтри виготовляють з дрібних латунних сіток або металокераміки Металокерамічний фільтр складається з бронзових кулькою діаметром 0,3 мм, сплавлених в стовпчик конусоподібної фор ми, укладений в металевий корпус. Капілярну трубку припаюють до металокерамічних фільтру під кутом 30 В більшості холодильників фільтр змонтований в одному корпусі з осушувальним патроном. По краях корпусу розташовані сітки, а між сітками - адсорбент (застосовують для очищення робочого середовища хладонових холодильних машин від вологи і кислот).

Осушувальний патрон служить для поглинання вологи з холодоагенту і запобігання регулюючого пристрою (капілярної трубки) від замерзання в ньому води. Корпус осушувального патрона складається з металевої трубки довжиною 105 ... 135 мм і діаметром 12 ... 18 мм з витягнутими кінцями, в отвори яких впаивают відповідні трубопроводи холодильного агрегату.

Усередині корпусу патрона поміщають 10 ... 18 м адсорбенту (синтетичного цеоліту). Адсорбенти мають просту кристалічну структуру. Найдрібніші пори з'єднані вузькими каналами. Завдяки такій структурі виникає виборча адсорбція, т. Е. Властивість молекулярного щита, коли в порожнині пір проникають лише ті молекули, розмір яких менше діаметра каналів. Тому вся активна поверхню і об'єм пор використовуються для утримання молекул води і не засмічуються іншими речовинами з більшими молекулами (зокрема, хладоном і маслом).

1.5 Основні показники якості побутових холодильників.

Європейська організація з контролю якості розробила наступні визначення. Якості є ступінь, до якої воно задовольняє вимоги споживача. Для промислової продукції якості являє собою поєднання якості проекту і якості виготовлення.

Якість проекту. Споживча вартість виробу, передбачена проектом, міра відповідності проекту вимогам споживача.

Якість відповідності. Міра відповідності готового виробу проекту.

Найважливішим показником якості є споживчі показники якості, якіоцінюють споживчі властивості товарів широкого вжитку.

До договорів споживання показником якості відносяться такі групи показників соціального призначення, функціональні, надійності в споживанні, економічні, естетичні, безпеку споживання .. екологічні.

Показники соціального призначення характеризують відповідність сукупності товарів масового попиту певного призначення в такій структурі громадських споживачів, а також здатність цих товарів задовольняти цю потребу в конкретних умовах споживання.

Функціональні показники якості виробу характеризують його використання за призначенням як предмета споживання і включає показники, що визначають. Виконання основної функції і супутніх їй операцій, показником універсальності та показником досконалості виконання допоміжних операцій.

Показники надійності виробів в споживанні характеризують збереження основних параметрів його функціонування в часі і в межах, що відповідають даним умови споживання. Ці показники включають показники безвідмовності, довговічності, ремонтопридатності і зберігається.

Ергономічні показники якості виробів характеризує їх естетичну цінність і здатність задовольняти естетичні потреби людини.

Показники безпеки споживання вироби характеризує ступінь захищеності людини від впливу небезпечних і шкідливих факторів, що виникають при його споживанні.

Екологічні показники якості виробів характеризують його воздействія на навколишнє середовище в процесі споживання.

Оцінка рівня якості побутових холодильників.

Результатом підвищення якості виробів є приріст величини корисного ефекту, одержуваного від нового виробу, або за одиницю часу, або за термін служби.

Показником корисного ефекту для товарів широкого споживання служить узагальнений показник якості, який об'єднує в одному показнику всі важливі з точки зору споживачів властивості виробу. Узагальнений показник якості являє собою функцію від єдиних показників якості виробу.

Узагальнений показник якості може бути виражений:

- головним показником, який визначає основне призначення виробів;

- інтегральним показником якості виробів;

- середньозваженими показником якості.

Показники, що характеризують якість холодильників і використовувані при порівнянні їх технічного рівня, поділяють на 6 основних груп: техніко-експлуатаційні, надійності, технологічні, естетичні і ергономічні, стандартизації та уніфікації, патентно-правові.

І. Техніко-експлуатаційні показники

1. Об'ємно-вагові показники

Загальна місткість - Vобщ

Корисна ємність - Vп

Ємність плюсового відділення - Vпл

Ємність низькотемпературного відділення - Vнт

Площа поверхонь для зберігання продуктів - F x p

габаритні розміри

Габаритні розміри при експлуатації

Габаритний обсяг -V г б

маса -M

Коефіцієнт використання габаритного об'єму - j

Коефіцієнт використання займаної апаратом площі

статі - f

Коефіцієнт використання місткості - v

Відносна ємність низькотемпературного відділення - v н т

Питома маса - m

2. Температурно-енергетичні показники

Температура в плюсовому відділенні - t п л

Температура в низькотемпературному відділенні - t н т

Витрата електроенергії - W

Коефіцієнт робочого часу (к. Р. В.) - В

Теплопроходімость - kF

Питома витрата електроенергії - w

II. Показники надійності

Імовірність безвідмовної роботи.

Параметр потоку відмов.

Строк служби.

III. Технологічні показники

Трудомісткість.

Коефіцієнт сборности.

IV. Естетичні і ергономічні показники

1.Естетіческіе показники

Взаємозв'язок вироби із середовищем.

Раціональність форми.

Цілісність композиції.

Відповідність сучасним художнім тенденціям.

Товарний вигляд.

2. Ергономічні показники

Гігієнічні - рівень шуму і вібрації.

Антропометричний - відповідність розмірам тіла людини.

Фізіологічні і психофізіологічні - відповідність силовим і зоровим психофізіологічним можливостям людини.

Психологічні - відповідність закріпленим і знову формованим навичок людини.

V. Показники стандартизації і уніфікації

Коефіцієнт застосованості.

Коефіцієнт повторюваності.

VI. Патентно-правові

Показники патентного захисту.

Показники патентної чистоти.

ХОЛОДИЛЬНИК

Винахід відноситься до холодильного обладнання, а саме до холодильників з примусовою циркуляцією повітря, переважно, для зберігання крові та інших біологічних продуктів.

Відомий холодильник для зберігання біоматеріалів з примусовою циркуляцією повітря, що включає теплоізоляційну камеру. розміщений в ній повітроохолоджувач і пов'язаний з ним повітропровід, коробчатої форми, в бічних стінках якого є отвори для надходження охолодженого воздуха в камеру холодильника.

Однак конструкція даного холодильника не забезпечує рівномірного розподілу температури по всьому об'єму камери, в результаті чого продукти, що знаходяться в безпосередній близькості від воздуховода, охолоджуються значно більшою мірою, ніж інші.

Найбільш близьким до винаходу по технічній сутності і досягається результату є холодильник подібного призначення, що містить теплоизолированную камеру з полками і дверима, випарник, вентилятор, панель з отворами, встановлену уздовж однієї зі стінок з утворенням вертикального каналу для проходу охолодженого повітря.

Однак і в цьому холодильнику температура за обсягом камери розподілена неравномер¬но, оскільки отепленной продуктами повітря повертається в зону випарника уздовж внутрішньої панелі дверей, тому прилеглі продукти мають більш високу температуру, ніж в інших зонах камери.

Мета винаходу - забезпечення рівномірного розподілу температури по об'єму камери холодильника шляхом відділення отепленной повітря від решти його маси.

Мета досягається тим, що в холодильнику, що містить теплоизолированную камеру з полками і дверима, випарник, вентилятор, панель з отворами, встановлену уздовж однієї зі стінок з утворенням вертикального каналу для проходу охолодженого повітря, уздовж стінки, протилежної панелі, встановлена додаткова; панель з отворами з утворенням каналу для проходу отепленной повітря, повідомленого із зоною розміщення випарника, при цьому отвори в панелях виконані під вищерозташованих полками.

Крім того, додаткова панель має виступи під вищерозташованих полками, а отвори виконані на цих виступах.

Основна панель встановлена уздовж задньої стінки холодильника, додаткова панель - вздовж двері і в ній в зоні розміщення випарника виконані отвори, а під ним ребро для перекриття доступу повітря непосредственно з камери в зону випарника.

Холодильник містить, камеру, утворену теплоізольованим шафою і дверима. У камері встановлені полиці для розміщення продуктів, а у верхній її частині розташовані випарник і вентилятор, відокремлені від охолоджуваного об'єму теплоізольованим блоком. Уздовж задньої стінки шафи встановлена панель з отворами, кромки якої знаходяться поблизу бічних стінок, утворюючи зазори для проходу повітря в обсяг камери. Повітряний вертикальний канал між задньою стінкою шафи і панеллю повідомлений з зоною розміщення випарника і вентилятора. Уздовж дверіхолодільніка встановлена другая панель з отворами з утворенням повітряного каналу, який пов'язаний із зоною розміщення випарника через отвори, виконані в верхній частині панелі. Остання має також виступи з отворами під вищерозташованих полками і ребро для перекриття доступу повітря безпосередньо з обсягу камери в зону випарника.

При роботі холодильника охолоджене повітря від випарника за допомогою вентілятора надходить в канал, а звідси через отвори і зазори в обсяг камери, при цьому продукти на полицях омиваються охолодженим повітрям як з боків, так і зверху. Отепленной повітря з камери через отвори, виконані на виступах панелі, проходить в канал, звідки через отвори у верхній частині панелі надходить до випарника.

Використання в пропонованому холодильнику додаткового каналу для відводу отепленной повітря з камери в зону випарника, наявність отворів і, ви¬полненних відповідно на панелях, дозволяє істотно підвищити равномер¬ность розподілу температур за об'ємом камери і тим самим поліпшити умови зберігання біологічних продуктів. В описуваному холодильнику відхилення від заданої температури по всьому об'єму камери знаходяться в межах ± 1С, в той час як в прототипі температурна нерівномірність со¬ставляет ± 2 С.

РОЗРОБКА

1. Холодильник, що містить теплоизолированную камеру з полками і дві-

Рью, випарник, вентилятор, панель з отворами, встановлену уздовж однієї зі стінок з утворенням вертикального каналу для проходу охолодженого повіт-

ря, що відрізняється тим, що, з метою забезпечення рівномірного розподілу температури по об'єму камери шляхом отделеніяотепленного повітря від решти його маси, вздовж стінки протилежній панелі, встановлена додаткова панель з отворами з утворенням каналу для проходу отепленной повітря, повідомленого із зоною розміщення випарника, при цьому отвори в панелях виконані під вищерозташованих полками. Холодильник з п. 1, який відрізняється тим, що додаткова панель має виступи під вищерозташованих полками, а отвори виконані на цих виступах.

2. Холодильник по п. 1, який відрізняється тим, що основна панель встановлена уздовж задньої стінки, додаткова панель - вздовж двері, а в ній в зоні розміщення випарника виконані отвори, а під ним ребро для перекриття доступу повітря безпосередньо з камери в зону випарника.

2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ ХОЛОДИЛЬНИКА

2.1 Розрахунок теплового навантаження, визначення холодопродуктивності холодильного агрегату

Проектування побутових холодильників ведеться на основі теплового розрахунку враховує види теплопритоків, які можуть вплинути на зміни температурного режиму в камері холодильника.

Вихідні дані для розрахунку:

компресійний холодильник

Внутрішній робочий об'єм 636 дм3.

Внутрішній об'єм холодильної камери 369 дм3.

Внутрішній об'єм низькотемпературної камери 267 дм3.

Тип виконання холодильника УХЛ для помірних широт:

$t_{окр.ср.} = 32°C$

$t_{НТК} = -18°C$

$t_{хк} = 3°C$

Холодильний агент R 600A

$T_о = -25°C$

$T_к = 45°C$

$T_{вс} = -10°C$

Ізоляційний матеріал – піноциклопентан.

Зовнішня шафа – вуглецева листова сталь (Ст3).

Внутрішня шафа – полістирол.

Теплопритоки через стінку охолоджуваної камери холодильника.

$Q_1 = kF\Delta T$, де

Q_1 – теплоприплив, Вт;

k – коефіцієнт теплопередачі, Вт/мК;

ΔT – різниця температур по обидва боки стінки, К;

F – площа зовнішньої поверхні огорожі, $м^3$.

Визначити товщину ізоляції зовнішніх стін

$$\delta_{из}=[\frac{1}{K_{к.д}} - (\frac{1}{\alpha_н} + \sum\frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}})] \cdot \lambda_{из}$$

Коефіцієнт теплопередачі

$k = 1/ (1/\alpha_н + \delta_1/ \lambda_1 + \delta_2 / \lambda_2 + \ldots + \delta_n / \lambda_n + 1 / \alpha_{вн})$ (*), где

$\alpha_н$ – коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої поверхні огорожі, Вт/мК;

$\alpha_{вн}$ – коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої поверхні огорожі, Вт/мК;

δ – товщина окремих шарів конструкції огорожі;

λ – коефіцієнт теплопровідності ізоляційного матеріалу.

Розрахунок проводиться в такій послідовності:

Розрахуємо всі можливі коефіцієнти теплопередачі.

а) коефіцієнт теплопередачі холодильної камери за формулою (*)

t_1 – температура навколишнього середовища

t_2 – температура внутрішньої холодильної камери

δ_1 – товщина зовнішньої поверхні

δ_2 – товщина ізоляції

δ_3 – товщина внутрішньої поверхні

λ_1 – коефіцієнт теплопровідності сталі

λ_2 – коефіцієнт теплопровідності піноциклопентан

λ_3 – коефіцієнт теплопровідності полістиролу

$\alpha_н = 9$ Вт/мК $\qquad\qquad$ $\alpha_{вн} = 9$ Вт/мК

$\lambda_1 = 81$ Вт/мК

$\lambda_2 = 0{,}022$ Вт/мК

$\lambda_3 = 0{,}12$ Вт/мК

Всі інші дані візьмемо з урахуванням проектування.

а) розраховується коефіцієнт теплопередачі високотемпературної камери

$t = 32°C$ $t_2 = 3° C$ $\delta_1 = 1$ мм

$\delta_2 = 30$ мм $\delta_3 = 2$ мм

$k_1 =$ Вт/мК

$k_1 = 1/ (1/9 + 0,001/ 81 + 0,030 / 0,022 + 0,002 / 0,12 + 1 / 9) =$

$=0,624$ Вт/м^2 К

б) розраховується коефіцієнт теплопередачі низькокотемпературної камери

$t = 32°C$ $t_2 = -18° C$ $\delta_1 = 1$ мм

$\delta_2 = 40$ мм $\delta_3 = 2$ мм $\alpha_{вн} = 9$ Вт/мК

$k_2 =$ Вт/мК

$k_2 = 1/ (1/9 + 0,001/ 81 + 0,040 / 0,022 + 0,002 / 0,12 + 1 / 9) =0,486$ Вт/м^2 К

в) розраховується коефіцієнт теплопередачі між НТК та ВТК

$k_3 = 1/ (1/9 + 0,002/ 81 + (0,030+0,040) / 0,022 + 2 *0,002 / 0,12 + 1 / 9) =$

$=0,54$ Вт/м^2 К

Товщина стінок :

ВТХ $\delta_1 = 0,001+0,030+0,002=0,033$ м

НТХ $\delta_2 = 0,001+0,040+0,002=0,043$ м

ВТХ/НТХ $\delta = 0,002+0,035+2*0,002=0,041$ м

Геометричні розміри холодильника

205,2*76 (діаметр)

Діаметр камери ВТК з урахуванням ізоляції $d_{втк} = d_{хол} – \delta_1 = 0,76 - 2*0,033 = 0,694$м

Діаметр камери НТК з урахуванням ізоляції $d_{нтк} = d_{хол} – \delta_2 = 0,76 - 2*0,043 = 0,674$м

Высота камеры ВТК с учетом изоляции $h_{втк} = h_{втк} - \delta_1 - 0,016 - 0,002 = 1,0 - 0,033 - 0,015- 0,002 = 0,95$ м

Висота камери НТК з урахуванням ізоляції $h_{нтк} = h_{нтк} – \delta_д - 0,022 - 0,002 = 1,0 – 0,043 - 0,02 - 0,002 = 0,935$ м

а) геометричні розміри високотемпературної камери (ВТК)

де h_1 – висота ВТК,

d – діаметр холодильної камери ВТК

Об'єм камери визначається за формулою:

$V_{ВТК} = h \cdot S_{ВТК} = 0,95*3,14*0.347^2 = 0.359 м^3$ (268 л.)

$S = \pi * r^2$ – площа камери.

Визначимо висоту камери:

б) геометричні розміри низькотемпературної камери (НТК)

де h_2 – висота НТК,

d – діаметр холодильної камери НТК

Об'єм камери визначається за формулою:

$V_{НТК} = h \cdot S_{НТК} = 0,935*0,78*3,14*0.337^2 = 0.260 м^3$ (193 л.)

$H = H_{х.к.} + h_{м.к.} = 1,0+1,0 = 2$ м

Розраховуємо всі площі поверхні холодильника:

а) площа поверхні камери ВТК

$Sп._{втк} = \pi * d_{втк} * h_{втк} + S_{ВТК} = 3,14*0,76*1+0,38^2*3,14=2,83 м^2$

$Sп._{втк} = 2,83 м^2$

б) площа поверхні камери НТК

$Sп._{нтк} = \pi * d_{нтк} * h_{нтк} = 3,14*0,76*1+0,38^2*3,14=2,83 м^2$

$Sп._{нтк} = 2,83 м^2$

в) площа поверхні між камерами і НТК з К-К.А.

(Рахуємо з нижньої сторони, оскільки теплоприплив з ВТК буде проходити через верхню перегородку)

$S_{хк} = S_{НТК}$

$S_{хк} = 0,319 м^2$

Теплоприпливи через огорожі

а) теплоприплив із зовнішнього середовища в холодильну камеру ВТК

$Q'_1 = k_1 \cdot S_{втк} \Delta T$

$Q'_1 = 0,624*2,83*29=51,21Вт$

б) теплоприплив із зовнішнього середовища в морозильну камеру НТК

$Q''_1 = k_2 \cdot S_{нтк}\ \Delta T\ +\ k_3 \cdot S_{нтк}\ \Delta T + k_4 \cdot S_{нтк}\ \Delta T =$ Вт

Q''_1=0,486*2,83*50+ (((0,76-(0,001*2-0,04*2-0,002*2))/2)^2)*3,14*25*0,66 = 76,8 Вт

Q_1 = загальний теплоприплив через всі огорожі

$Q_1 = Q'_1 + Q''_1 + =51,21+76,8 = 128,01$ Вт

а) Теплове навантаження від продуктів в ВТК:

$Q_2 = m*Cp*\ \Delta T\ *20/(12*3600)$

$Q_2 = 50*4.187*29*20/43200 = 2,81$ Вт

б) Теплове навантаження від продуктів в в НТК:

$Q_2 = m*Cp*\ \Delta T\ *20/(12*3600)$

$Q_2 = 40*4.187*50*20/43200 = 3,88$ Вт

а) Теплове навантаження від відкриття дверцят в ХК

$Q'_2 = m*Cp*\ \Delta T\ *20/(12*3600)$

$Q'_2 = 0.251/2*1,2*1,005*29*20/43200 = 0,0022$ Вт

б) Теплове навантаження від відкриття дверцят в НТК

$Q''_4 = m*Cp*\ \Delta T\ *20/(12*3600)$

$Q''_4 = 0,193/2*0,78*1,005\ *50*20/43200= 0,0027Вт$

Визначаємо холодопродуктивність холодильного агрегату для холодильника

Загальне теплове навантаження:

$Q'_{0\ х.а} = Q_1 + Q_2 + Q_4$

а) визначаємо холодопродуктивність холодильного агрегату для ХК

$Q'_{0\ х.а(хк)} = Q_1' + Q_2' + Q_4' = 51,21+2,81+0,0022=54,022$ Вт

Результати розрахунку для надійності збільшуються на 5-10%. Це залежить від достовірності даних, що застосовуються при розрахунку теплового навантаження.

$Q''_{0\ x.a} = 1,1 * \Sigma Q_i = 1,1(Q'_{0\ x.a(хк)}) = 1,1 * 54,022 = 59,42$ Вт

б) визначаємо холодопродуктивність холодильного агрегату для НТК.

$Q''_{0\ x.a(нтк)} = Q_1'' + Q_2'' + Q_3'' + Q_4'' = 76,8 + 3,88 + 0,0027 = 80,68$ Вт

Результати розрахунку для надійності збільшуються на 5-10%. Це залежить від достовірності даних, що застосовуються при розрахунку теплового навантаження.

$Q''_{0\ x.a} = 1,1\Sigma Q_i = 1,1(Q''_{0\ x.a(нтк)}) = 1,1 * 80,65 = 88,75$ Вт

Враховуючи, що холодильний агрегат побутового холодильника з деяким коефіцієнтом робочого часу *в*, рівним 0,35, холодопродуктивність холодильного агрегату визначається за формулою:

$Q_{0\ x.a} = Q''_{0\ x.a} / в$

а) холодопродуктивність в (ХК)

$Q_{0\ x.a} = Q''_{0\ x.a(хк)} / в = 59,42/0,35 = 169,77$Вт

б) холодопродуктивність в (НТК)

$Q_{0\ x.a} = Q''_{0\ x.a(нтк)} / в = 88,75/0,35 = 253,57$ Вт

Загальна холодопродуктивність

$Q_{0\ x.a} = 169,77 + 253,57 = 423,34$ Вт

2.3 Тепловий розрахунок.

Для побудови теоретичного циклу використовується вихідні дані і діаграма стану i-lg p холодоагенту R600a. Початкові дані:

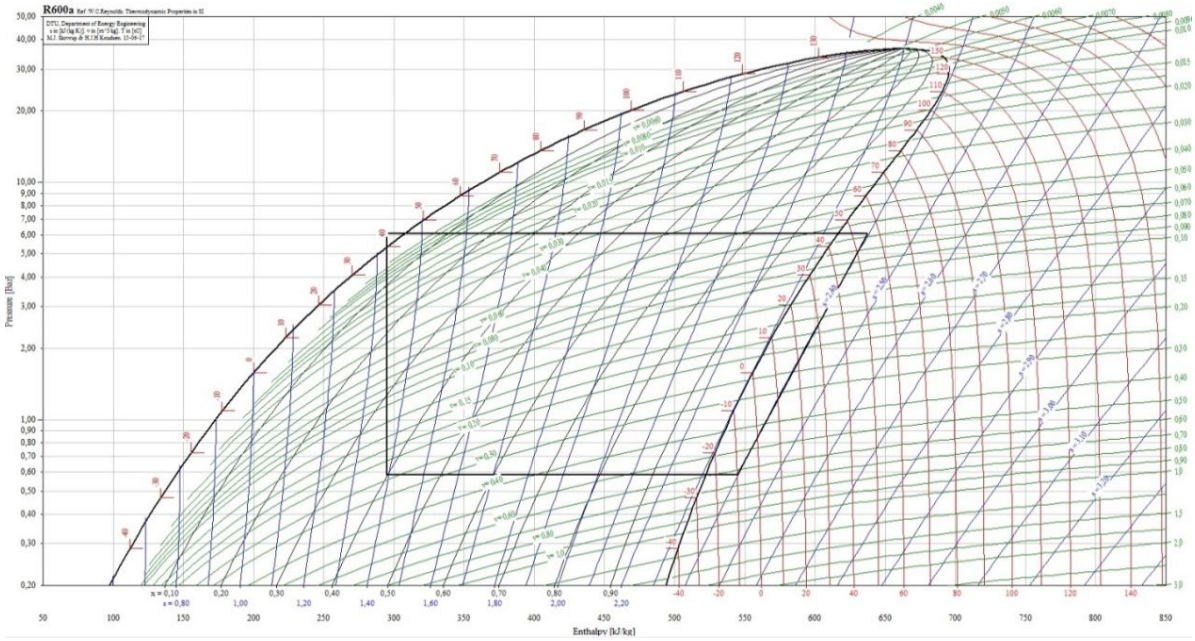
Холодоагент R 600a

Температура кипіння To = -25 C

Температура конденсації Tk = 45 C

Температура всмоктування tвс = -10 C

$Q_{0\ x.a\ (хк)} = 169,77$ Вт ; $Q_{0\ x.a\ (нтк)} = 253,57$ Вт



№п/п	1	2	3	4	5	6
T, C	-10	56	45	-10	-25	-25
P, бар	0,586	6,1	6,1	6,1	0,586	0,586
h, кДж/кг	544	637	308	295	295	522
v, кг/м^3	0,627	-	-	-	-	-

1) Знаходимо температуру всмоктування в КМ

$t_1 = t_5 + \Delta t$ (10…15)^{o}C = -25+15 = - 10 ^{o}C

1) Визначаємо витрату холодильного агента в ВТК

$Ma^{втк} = Q_{0\ х.а\ (хк)} / q_o = 169,77 \cdot 10^{-3} /249 = 0,00068$ кг/с

$Ma^{нтк} = Q_{0\ х.а\ (нтк)} / q_o = 253,57 \cdot 10^{-3} /249 = 0,00101$ кг/с

2) Знаходимо питому масову холодопродуктивність

$q_o = h_1 - h_5 = 544-295 = 249$ кДж/кг

3) Знаходимо питому об'ємну холодопродуктивність

$q_v = q_o / v_1 = 249/0,627 = 397$ кДж/м^3

4) Знаходимо питому теплоту, відведену в конденсаторі

$q_к = h_2 - h_4 = 637-295 = 342$ кДж/кг

5) Визначаємо роботу стиснення

$L = h_2 - h_1 = 637-544 = 93$ кДж/кг

6) Визначаємо дійсний об'єм компресора

$V_g^{втк} = Ma^{втк} * v_1 = 0,00068*0,627 = 0,00042 м^3/с$

$V_g^{нтк} = Ma^{нтк} * v_1 = 0,00101*0,627 = 0,00063 м^3/с$

7) Визначаємо коефіцієнт подачі компресорів

$\lambda_c = 1-c\cdot[(P_K/P_0)^{1/m}-1] = (1-0,03*[(6,1/0,586)^{1/1}-1] = 0,72$

8) Визначаємо теоретичний об'єм, описаний поршнями компресора

$V_h^{втк} = V_g^{втк}/ \lambda c = 0,00042/0,72 = 0, 00058 м^3/с$

$V_h^{нтк} = V_g^{нтк}/ \lambda c = 0,00063/0,72 = 0, 00087 м^3/с$

9) Визначаємо адіабатну потужність компресора

$Na^{втк} = Ma^{втк} * L = 0,00068*93 = 0,063$ кВт

$Na^{нтк} = Ma^{нтк} * L = 0,00101*93 = 0,093$ кВт

10) Визначаємо індикаторний ККД компресора

$\eta = \lambda_w {}^{кнс} + b*t_o = 0, 78 + 0,0025*(- 25) = 0,718$

11) Визначаємо індикаторну потужність

$Ni^{втк} = Na^{втк}/ \eta = 0,063/0,718 = 0,087$ кВт

$Ni^{нтк} = Na^{нтк}/ \eta = 0,093/0,718 = 0,129$ кВт

12) Визначаємо потужність тертя

$Nтр^{втк} = V_h^{втк} * P_{imp} = 0,00058*50 = 0,029$кВт

$Nтр^{нтк} = V_h^{нтк} * P_{imp} = 0,00087*50 = 0,043$кВт

13) Визначаємо ефективну потужність компресора

$Ne^{втк} = Ni^{втк} + Nтр^{втк} = 0,087+0,029 = 0,116$ кВт

$Ne^{нтк} = Ni^{нтк} + Nтр^{нтк} = 0,129+0,043 = 0,172$ кВт

14) Визначаємо електричну потужність компресора

$Nэл^{втк} = Ne^{втк} / \eta_{эл.дв}{}^{втк} = 0,116/0,9 = 0,128$ кВт

$Nэл^{нтк} = Ne^{нтк} / \eta_{эл.дв}{}^{нтк} = 0,172/0,9 = 0,191$ кВт

15) Визначаємо термодинамічну ефективність машини в цілому

$COP_а = q_о / L = 249/93 = 2,68$

$COP_к = T_о/(T_к - T_о) = 248/(318-248) = 3,54$

$\eta_{стс}^{теор} = COP_а / COP_к = 2,68/3,54 = 0,76$

$COP_д^{втк} = Q_о/N_е^{втк} = 0,144/0,054 = 2,67$

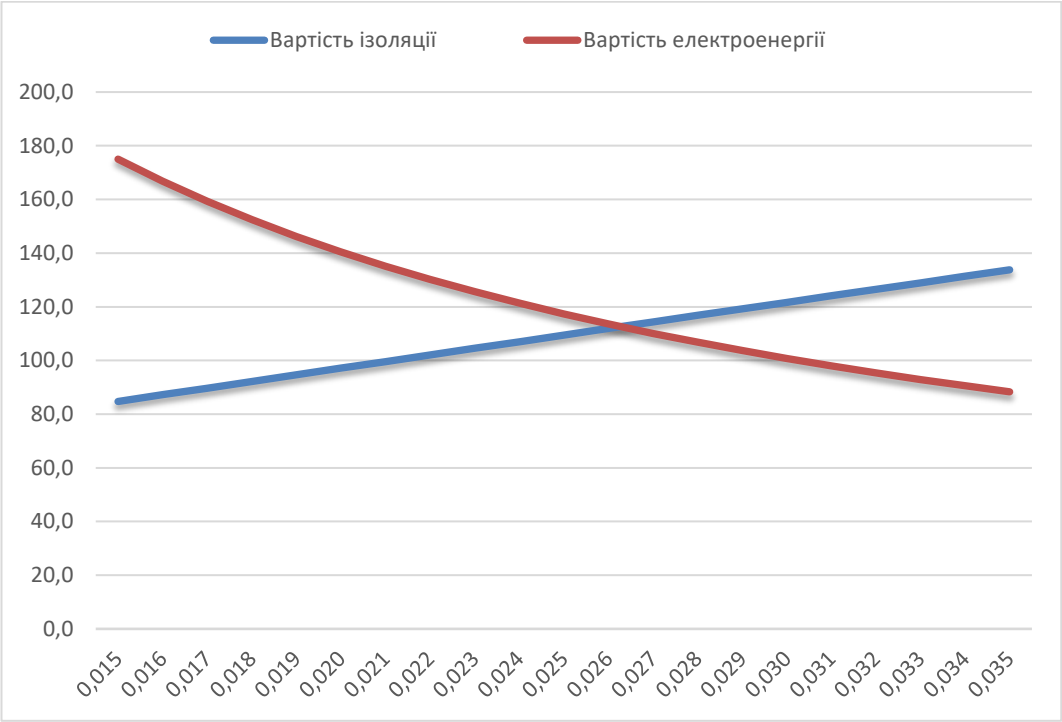
$COP_д^{нтк} = Q_о/N_е^{нтк} = 0,218/0,081 = 2,69$

$\eta_{стс}^{действ} = COP_д / COP_к = 2,67/3,54 = 0,75$

$\eta_{стс}^{действ} = COP_д / COP_к = 2,69/3,54 = 0,76$

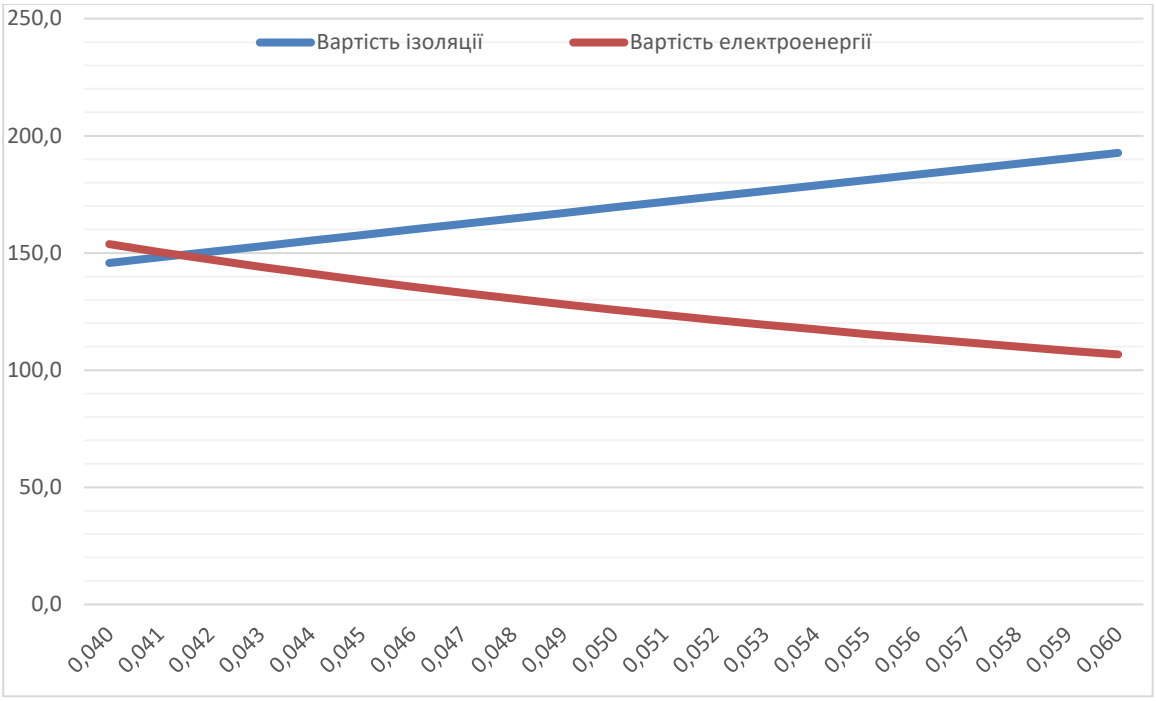
б ізол. м	К ізол	V ізол м	Q1 кВт	Q зага-льна кВт	Вартість із-ції грн.	Вартість ел-гії грн.
0,015	1,086	0,302	74,42	74,66	84,7	175,00
0,016	1,035	0,300	70,92	71,15	87,2	166,80
0,017	0,989	0,297	67,73	67,97	89,7	159,33
0,018	0,946	0,295	64,82	65,06	92,2	152,50
0,019	0,907	0,293	62,15	62,38	94,7	146,23
0,02	0,871	0,290	59,69	59,92	97,1	140,47
0,021	0,838	0,288	57,42	57,65	99,6	135,14
0,022	0,807	0,286	55,31	55,54	102,1	130,20
0,023	0,779	0,284	53,35	53,58	104,5	125,61
0,024	0,752	0,281	51,53	51,76	107,0	121,33
0,025	0,727	0,279	49,83	50,06	109,5	117,34
0,026	0,704	0,277	48,23	48,46	111,9	113,61
0,027	0,682	0,275	46,74	46,97	114,4	110,10
0,028	0,662	0,273	45,33	45,56	116,8	106,81
0,029	0,642	0,270	44,01	44,24	119,2	103,70

0,03	0,624	0,268	42,76	42,99	121,7	100,78
0,031	0,607	0,266	41,58	41,81	124,1	98,01
0,032	0,591	0,264	40,46	40,70	126,5	95,40
0,033	0,575	0,262	39,41	39,64	128,9	92,92
0,034	0,560	0,260	38,40	38,63	131,4	90,56
0,035	0,547	0,258	37,45	37,68	133,8	88,32



б ізол. м	К ізол	V ізол м	Q1 кВт	Q зага-льна кВт	Вартість із-ції грн.	Вартість ел-гії грн.
0,04	0,486	0,193	65,40	65,60	145,7	153,77
0,041	0,476	0,191	63,97	64,16	148,1	150,41
0,042	0,466	0,190	62,60	62,79	150,5	147,19
0,043	0,456	0,188	61,28	61,48	152,9	144,12
0,044	0,447	0,186	60,03	60,22	155,2	141,17
0,045	0,438	0,185	58,82	59,02	157,6	138,35
0,046	0,429	0,183	57,67	57,86	160,0	135,64

0,047	0,421	0,182	56,56	56,75	162,4	133,04
0,048	0,413	0,180	55,49	55,69	164,7	130,54
0,049	0,405	0,179	54,47	54,66	167,1	128,13
0,05	0,398	0,177	53,48	53,67	169,4	125,82
0,051	0,391	0,176	52,53	52,72	171,8	123,59
0,052	0,384	0,174	51,61	51,81	174,1	121,44
0,053	0,378	0,173	50,73	50,92	176,4	119,37
0,054	0,371	0,171	49,87	50,07	178,8	117,37
0,055	0,365	0,170	49,05	49,25	181,1	115,44
0,056	0,359	0,168	48,25	48,45	183,4	113,57
0,057	0,353	0,167	47,48	47,68	185,8	111,77
0,058	0,348	0,165	46,74	46,94	188,1	110,02
0,059	0,342	0,164	46,02	46,22	190,4	108,33
0,06	0,337	0,162	45,32	45,52	192,7	106,70



а) розраховується коефіцієнт теплопередачі високотемпературної камери

t = 32°C t_2 = 3° C δ_1 = 1 мм

δ_2 = 26 мм δ_3 = 2 мм

k_1 = Вт/мК

k_1 = 1/ (1/9 + 0,001/ 81 + 0,026 / 0,022 + 0,002 / 0,12 + 1 / 9) = 0,704 Вт/м^2 К

б) розраховується коефіцієнт теплопередачі низькокотемпературної камери

t = 32°C t_2 = -18° C δ_1 = 1 мм

δ_2 = 41 мм δ_3 = 2 мм $\alpha_{вн}$ = 9 Вт/мК

k_2 = Вт/мК

k_2 = 1/ (1/9 + 0,001/ 81 + 0,041 / 0,022 + 0,002 / 0,12 + 1 / 9) =0,476 Вт/м^2 К

в) розраховується коефіцієнт теплопередачі між НТК і ВТК

k_3 = 1/ (1/9 + 0,002/ 81 + (0,026+0,041) / 0,022 + 2 *0,002 / 0,12 + 1 / 9) = 0,56 Вт/м^2 К

Товщина стінок:

ВТХ δ_1 = 0,001+0,026+0,002=0,09 м

НТХ δ_2 = 0,001+0,040+0,002=0,044 м

ВТХ/НТХ δ = 0,002+0,034+2*0,002=0,040 м

Геометричні розміри холодильника

205*76 (діаметр)

Діаметр камери ВТК з урахуванням ізоляції

$d_{втк} = d_{хол} – \delta_1$ = 0,76 - 2*0,026 = 0,708м

Діаметр камери НТК з урахуванням ізоляції

$d_{нтк} = d_{хол} – \delta_2$ = 0,7 - 2*0,041 = 0,678м

Висота камери ВТК з урахуванням ізоляції

$h_{втк} = h_{втк} - \delta_1$ - 0,016 - 0,002 = 1 - 0,026 - 0,013- 0,002 = 0,956 м

Висота камери НТК з урахуванням ізоляції

$h_{нтк} = h_{нтк} – \delta_д$ - 0,022 - 0,002 = 1 – 0,041 - 0,02 - 0,002 = 0,934 м

а) геометричні розміри високотемпературної камери (ВТК)

де h_1 – висота ВТК,

d – діаметр холодильної камери ВТК

Об'єм камери визначається за формулою:

$V_{ВТК} = h \cdot S_{ВТК} = 0{,}956*3{,}14*0.351^2 = 0.369 м^3$ (369 л.)

$S = \pi * r^2$ – площа камери

Визначимо висоту камери:

б) геометричні розміри низькокотемпературної камери (НТК)

де h_2 – висота НТК,

d – діаметр холодильної камери НТК

Об'єм камери визначається за формулою:

$V_{НТК} = h \cdot S_{НТК} = 0{,}934*0{,}78*3{,}14*0.342^2 = 0.267 м^3$ (191 л.)

$H = H_{х.к.} + h_{м.к.} = 1{,}0+1{,}0 = 2$ м

Розраховуємо всі площі поверхні холодильника:

а) площа поверхні камери ВТК

$Sп._{втк} = \pi * d_{втк} * h_{втк} + S_{ВТК} = 3{,}14*0{,}76*1+0{,}38^2*3{,}14=2{,}83 м^2$

$Sп._{втк} = 2{,}83 м^2$

б) площа поверхні морозильної камери НТК

$Sп._{нтк} = \pi * d_{нтк} * h_{нтк} = 3{,}14*0{,}76*1+0{,}38^2*3{,}14=2{,}83 м^2$

$Sп._{нтк} = 2{,}83 м^2$

в) площа поверхні між камерами і НТК з К-К.А.

(Рахуємо з нижньої сторони, оскільки теплоприплив з ВТК буде проходити через нижню перегородку)

$S_{хк} = \pi d^2/4$

$S_{хк} = 3.14*(0.76-0.001*2-0.041*2-0.002*2)^2/4 = 0.354 м^2$

Теплоприпливи через огорожі

а) теплоприплив із зовнішнього середовища в холодильну камеру ВТК

$Q'_1 = k_1 \cdot S_{втк} \Delta T$

$Q'_1 = 0{,}704*2{,}83*29=57{,}77$Вт

б) теплоприплив із зовнішнього середовища в морозильну камеру НТК

$Q''_1 = k_2 \cdot S_{нтк} \ \Delta T \ + \ k_3 \cdot S_{нтк} \Delta T$, Вт

$Q''_1 = 0{,}47*2{,}83*50+ 0.56*0.354*21= 70{,}66$ Вт

Q_1 = загальний теплоприплив через всі огорожі

$Q_1 = Q'_1 + Q''_1 + =57{,}77+70{,}66 = 128{,}43$ Вт

а) Теплове навантаження від продуктів в ВТК:

$Q_2' = m*Cp* \Delta T *20/(12*3600)$

$Q_2' = 50*4.187*29/43200 = 0.14$ Вт

б) Теплове навантаження від продуктів в НТК:

$Q_2'' = 40*4.187*50/43200 = 0.19$ Вт

$Q_2' = Q_2' + Q_2'' = 0.14+0.19=0.33$ Вт

а) Теплове навантаження від відкриття дверцят в ХК

$Q'_2 = m*Cp* \Delta T *20/(12*3600)$

$Q'_2 = 0.251/2*1{,}2*1{,}005*29*20/43200 = 0{,}0022$ Вт

б) Теплове навантаження від відкриття дверцят в НТК

$Q''_4 = 0{,}193/2*0{,}78*1{,}005 *50*20/43200= 0{,}0021$Вт

$Q_4 = Q''_4 + Q'_4 = 0.0022+0.0021=0.0043$ Вт

Визначаємо холодопродуктивність холодильного агрегату для холодильника

Загальне теплове навантаження:

$Q'_{0\ х.а} = Q_1 + Q_2 \ + Q_4$

а) визначаємо холодопродуктивність холодильного агрегату для ХК

$Q'_{0\ х.а(хк)} = Q_1' + Q_2' + Q_4' = 128{,}43+0{,}33+0{,}0043=128{,}76$ Вт

Результати розрахунку для надійності збільшуються на 5-10%. Це залежить від достовірності даних, що застосовуються при розрахунку теплового навантаження.

$Q''_{0\ x.a} = 1,1 * \Sigma Q_i = 1,1(Q'_{0\ x.a(хк)}) = 1,1 * 128,76 = 141,63$Вт

Враховуючи, що холодильний агрегат побутового холодильника з деяким коефіцієнтом робочого часу *в*, рівним 0,35, холодопродуктивність холодильного агрегату визначається за формулою:

$Q_{0\ x.a} = Q''_{0\ x.a} / в$

$Q_{0\ x.a} = Q''_{0\ x.a} / в = 141,63/0,35 = 404,65$ Вт

ТЕПЛОВИЙ ПЕРЕРАХУНОК

1) Визначаємо витрату холодоагенту в ВТК

$Ma = Q_0 / q_o = 404,65 \cdot 10^{-3} /249 = 0,00162$ кг/с

2) Визначаємо дійсний об'єм компресора

$V_g = Ma * v_1 = 0,00162*0,627 = 0,001 м^3/с$

3) Визначаємо теоретичний об'єм, описаний поршнями компресора

$V_h = V_g / \lambda c = 0,001/0,72 = 0, 00138\ м^3/с$

4) Визначаємо адіабатну потужність компресора

$Na = Ma * L = 0,00162*93 = 0,15$ кВт

5) Визначаємо індикаторну потужність

$Ni = Na / \eta = 0,15/0,718 = 0,208$ кВт

6) Визначаємо потужність тертя

$Nтр = V_h * P_{imp} = 0,00138*50 = 0,069$кВт

7) Визначаємо ефективну потужність компресора

$Ne = Ni + Nтр = 0,208+0,069 = 0,277$ кВт

8) Визначаємо електричну потужність компресора

$N_{эл} = N_e / \eta_{эл.дв} = 0,277/0,9 = 0,307$ кВт

9) Визначаємо термодинамічну ефективність машини в цілому

$COP_а = q_о / L = 249/93 = 2,68$

$COP_к = T_о/(T_к - T_о) = 248/(318-248) = 3,54$

$\eta_{стс}^{теор} = COP_а / COP_к = 2,68/3,54 = 0,76$

$COP_д = Q_о/N_e = 0,395/0,275 = 1,44$

$\eta_{стс}^{действ} = COP_д / COP_к = 1,44/3,54 = 0,41$

По отриманих результатах підбираємо компресор герметичный поршневий марки **Danfoss SC 15 MNX**

Холодопродуктивність -	615 Вт.
Об'ємна продуктивність -	183.0 $м^3$/год.
Електроживлення мотора -	220 В /1/50 Гц.
Робочий об'єм	15.28 $см^3$.
Вага -	13.5 кг.

3. РОЗРАХУНОК ПОВІТРООХОЛОДЖУВАЧА

3.1 Розрахунок повітроохолоджувача для камери з $t_{КАМ} = -18^{\circ}C$

При проведенні розрахунку приймаю наступні параметри:
теплове навантаження

$$Q_0^{КАМ.№1} = 404,65Вт$$

температура повітря в приміщенні, що охолоджує $t_k = -18^{\circ}C$;
відносна вологість повітря в камері $\varphi = 95\%$
робоче тіло R600A
Геометричні розміри ребристої труби повітроохолоджувача, виготовленого методом литва під тиском:

труба:

зовнішній діаметр $d_{TP} = 0,0078м$;
внутрішній діаметр $d_{ВН} = 0,0068м$;
товщина стінки $\delta_T = 0,001м$
матеріал (сталь) $\lambda_T = 45Вт/(м*К)$

ребро:

висота $h = 0,01м$
товщина у вершини $\delta_{ВР} = 0,0008м$;
товщина в підстави $\delta_{ОР} = 0,0012м$;
крок $u = 0,0025м$;
матеріал (алюміній) $\lambda_P = 180Вт/(м*К)$;
компоновка пучка труб шаховий пучок.

Товщина алюмінієвого чохла на зовнішній поверхні сталевої труби рівна $\delta = 1,5мм$; тоді зовнішній діаметр з врахуванням алюмінієвого чохла буде рівний:

$$d_Н = d_{TP} + 2*\delta = 0,0078 + 2*0,001 = 0,0098м \quad (3.1)$$

Приймаємо діаметр ребра:

$$D = d_Н + 2*h = 0,0098 + 2*0,01 = 0,0298м; \quad (3.2)$$

Крок труб в пучку:

поперечний (впоперек потоку повітря):

$$S_1 = (D + 2*\delta_И) + 0,003м = (0,029 + 2*0,003) + 0,003 = 0,038м; \quad (3.3)$$

подовжній (уздовж потоку повітря):

$$S_2 = S_1 = (D + 2*\delta_И) + 0,002м = (0,029 + 2*0,003) + 0,003 = 0,038м. \quad (3.4)$$

діагональний:

$$S_2' = \left[S_2^2 + \left(S_1 / 2 \right)^2 \right]^{0,5} = \left[\left(0,038 \right)^2 + \left(0,038 / 2 \right)^2 \right]^{0,5} = 0,042 м . \quad (3.5)$$

3.1.1 Тепловий розрахунок

Кінцевою метою теплового розрахунку є визначення площі поверхні повітроохолоджувача, яка повинна відводити задане теплове навантаження і підтримувати необхідну температуру повітря в камері.

Задаємося величиной підохолоджування повітря в повітроохолоджувачі $\Delta t_B = 2^\circ C$.

Визначаємо температуру повітря на виході апарату:

$$t_2 = t_{ВЫХ.B} = t_k - \Delta t_B = -18 - 2 = -20^\circ C. \quad (3.6)$$

Визначаємо середню температуру повітря:

$$t_{CP.B} = 0,5 * (t_2 + t_K) = 0,5 * (-20 + -18) = -19^\circ C. \quad (3.7)$$

Приймаємо температуру кипіння фреону:

$$t_0 = t_{CP.B} - (10...15) = -19 - 11 = -30^\circ C. \quad (3.8)$$

Визначуваний температурний натиск:

$$\theta = t_{CP.B} - t_0 = -19 + 30 = 11^\circ C. \quad (3.9)$$

Вибираю теплофізичні властивості вологого повітря при визначальній температурі $t_{CP.B} = -19^0 C$:

$\nu_B = 11,79 * 10^{-6} м^2 / с$ - коефіцієнт кінематичної в'язкості,

$\lambda_B = 2,28 * 10^{-2} Вт / (м * К)$ - коефіцієнт теплопровідності,

$\mathrm{Pr}_B = 0,716$ - число Прандтля,

$\rho_B = 1,395 кг / м^3$ - щільність,

$C_B = 1,009$кДж/(кг*К) - питома теплоємність сухого повітря

.

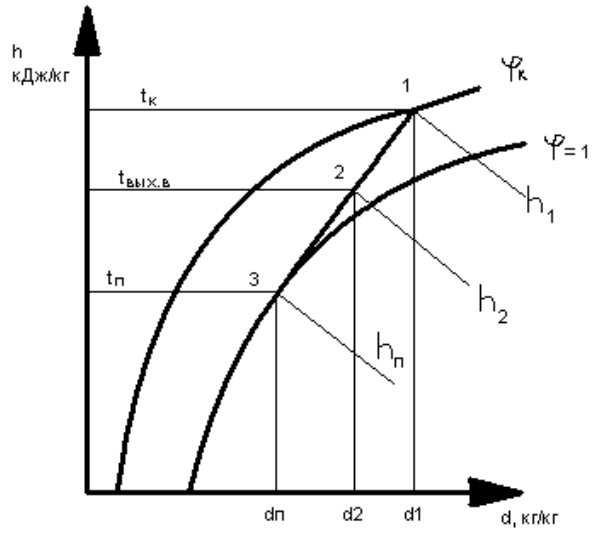


Рисунок 3.1 - Процес зміни стану повітря в повітроохолоджувачі в наступній послідовності: $1 \to П \to 2$(*см.рис*)

Для цього задаємося середньою температурою поверхні повітроохолоджувача (інею) t_n з умови, що $t_0 < t_П < t_K$, використовуючи приблизне співвідношення :

$$t_П = t_K - (0,1 \div 0,8) * \theta = -18 - 0,4 * 11 = -22,4^\circ C . \quad (3.10)$$

По діаграмі $h-d$,с допомогою розрахункових залежностей, приведених нижче, визначаємо параметри повітря (h, d, t).

Таблиця 3.1 - Параметри повітря

№ точки	$t,^\circ C$	$d \cdot 10^{-3}, кг/кг$	$h, кДж/кг$	$\varphi, \%$
1	-18	0,8	-16	90
2	-20	0,66	-18	94
3(п)	-22,4	0,5	-21	100

Грунтуючись на принципі подібності трикутників (см.мал), можна записати:

$$(d_1 - d''_П)/(t_1 - t_П) = (d_1 - d_2)/(t_1 - t_2) \quad (3.11)$$

Звідси невідоме значення влагосодержания повітря на виході апарату буде рівне:

$$d_2 = d_1 - ((t_1 - t_2) * (d_1 - d''_П)/(t_1 - t_П)) = \\ = 0,8 * 10^{-3} - ((-18 + 20) * (0,8 * 10^{-3} - 0,5 * 10^{-3})/(-18 + 22,4)) = 0,66 * 10^{-3} кг/кг. \quad (3.12)$$

Відносна вологість повітря, на виході з апарату буде рівна:

$$\varphi_2 = d_2 / d''_2 = 0,66/0,7 = 0,95 \quad (3.13)$$

де $d''_П$ и d''_2 - відповідно, влагосодержание насиченого повітря при $t_П$ и t_2.

Ентальпію повітря в точках 1,2 і 3 при негативних значеннях температури поверхні апарату (інею) знаходимо по зависитям

$$h_1 = 1,0078 * t_1 + (2835 + 2,09 * t_1) * d_1 = 1,0078 * (-18) + (2835 + 2,09 * -18) * 0,8 * 10^{-3} = -16 кДж/кг$$

$$h_2 = 1,0078 * (-20) + (2835 + 2,09 * (-20)) * 0,66 * 10^{-3} = -18 кДж/кг$$

$$h_3 = 1,0078 * (-22,4) + (2835 + 2,09 * (-22,4)) * 0,5 * 10^{-3} = -21 кДж/кг$$

Переходимо до розрахунку геометричних характеристик теплопередающего елементу.

Геометричні характеристики поверхні ребристого елементу вільного від інею

Площа зовнішньої поверхні ребра

$$F_P = 0,5 * \pi * (D^2 - d_H^2) + \pi * D * \delta_{BP} = \\ = 0,5 * 3,14 * ((0,029)^2 - (0,0098)^2) + 3,14 * 0,029 * 0,0008 = 1,24 * 10^{-3} м^2; \quad (3.14)$$

Площа зовнішньо ї поверхні труби між двома суміжними ребрами

$$F_T = \pi * d_H * (u - \delta_{OP}) = 3,14 * 0,0098 * (0,012 - 0,0012) = 3,3 * 10^{-4} м^2 . \quad (3.15)$$

Площа внутрішньої поверхні труби ребристого елементу

$$F_B = \pi * d_B * u = 3,14 * 0,0068 * 0,012 = 2,5 * 10^{-4} м^2 \quad (3.16)$$

Площа зовнішньої поверхні труби ребристого елементу

$$F_H = F_P + F_T = 1,24 * 10^{-3} + 3,3 * 10^{-4} = 1,57 * 10^{-3} м^2 \quad (3.17)$$

Коефіцієнт β і міра обребрення теплообмінної поверхні φ

$$\beta = F_H / F_B = 1,57*10^{-3} / 2,5*10^{-4} = 6,28 \quad (3.18)$$

$$\varphi = F_H / (\pi * d_H * u) = 1,57*10^{-3} / (3,14*0,0078*0,012) = 5,4 \quad (3.19)$$

Геометричні характеристики поверхні інею, що осів на ребристому елементі при товщині шаруючи $\delta_{ИН} = 0,002 м$.

Площа зовнішньої поверхні інею на ребрі рівна:

$$F_{РИ} = 0,5*\pi \cdot ((D+2*\delta_{ИН})^2 - (d_H + 2*\delta_{ИН})^2) + \pi*(D+2*\delta_{ИН})*(\delta_P + 2*\delta_{ИН}) =$$
$$= 0,5*3,14*((0,029+2*0,003)^2 - (0,0078+2*0,003)^2) + \quad (3.20)$$
$$+3,14*(0,029+2*0,003)*(0,0008+2*0,003) = 2,24*10^{-3} м^2.$$

Зовнішня поверхня інею на трубі між двома суміжними ребрами має площу:

$$F_{ТИ} = \pi*(d_H + 2*\delta_{ИН})*(u - (\delta_{ОР} + 2*\delta_{ИН})) =$$
$$= 3,14*(0,0078+2*0,002)*(0,012 - (0,0012+2*0,002)) = 5,1*10^{-4} м^2. \quad (3.21)$$

Повна площа зовнішньої поверхні інею на ребристому елементі рівна:

$$F_{НИ} = F_{РИ} + F_{ТИ} = 0,00224 + 0,00051 = 2,75*10^{-3} м^2 \quad (3.22)$$

Коефіцієнт обребрення поверхні $\beta^И$, покритої інеєм, рівний:

$$\beta^И = F_{НИ} / F_B = 2,75*10^{-3} / 2,5*10^{-4} = 11 \quad (3.23)$$

Мінімальний живий перетин одного ребристого елементу, покритого шаром інею прийнятої величини, рівний:

$$f_Ж = u*(S_1 - d_H - 2*\delta_И) - 2*h*(\delta_{СР.Р} + 2*\delta_И) =$$
$$= 0,012*(0,038 - 0,0078 - 2*0,003) - 2*0,01*(0,001+2*0,003) = 1,5*10^{-4} м^2. \quad (3.24)$$

Задаємося швидкістю повітря в живому перетині повітроохолоджувача $\omega_B = 1 м / с$.

Визначуваний режим руху повітря - число Рейнольдса

$$\mathrm{Re} = (\omega_B * d_H) / \nu_B = (1*0,0078) / 11,79*10^{-6} = 6615 \quad (3.25)$$

Число Нуссельта для труб, виготовлених методом литва під тиском :

$$Nu = (1-n)*C_Z*C_S*\varphi^{-0.5}*\mathrm{Re}^n = (1-0,7)*0,95*1*(8,5)^{-0,5}*6615^{0,7} = 62,6 \quad (3.26)$$

де $C_S = (S_1 - d_H) / (S_2 - d_H) = (0,038 - 0,0078) / (0,038 - 0,0078) = 1$ (3.27)

коефіцієнт, форми пучка

C_z=0.95- коефіцієнт, що враховує кількість рядів в пучку уздовж потоку повітря; $n = 0,61*\varphi^{0.08} = 0,61*(8,5)^{0,08} = 0,7$ (3.28)

$$m = S_2 + \varphi^{-0.48} = 0,038 + (8,5)^{-0,48} = 0,39 \quad (3.29)$$

Конвективний коефіцієнт тепловіддачі на стороні повітря рівний:

$$\alpha_K = \frac{Nu \cdot \lambda_B}{d_H} = \frac{62,6*2,28*10^{-2}}{0,0078} = 51 \frac{Вт}{м^2 * К} \quad (3.30)$$

де d_H - визначальний розмір, м.

Коефіцієнт влаговыделения за цих умов рівний:

$$\xi = 1 + \frac{(d_K^{''} * \varphi_K - d_П^{''}) * (r - h_П)}{C_B^{'} * (t_K - t_П)} =$$
$$= 1 + \frac{(1*10^{-3} * 0,9 - 0,6*10^{-3}) * (2835 + 46,8)}{0,98 * (-18 - (-22,4))} = 1,2 \quad (3.31)$$

де $r = 2835$ кДж/кг - питома теплота фазового переходу при $t_П < 0^{\circ}C$;
$d_П^{''} = 0,6*10^{-3} кг/кг$ - влагосодержание вологого повітря в пограничному шарі в поверхні інею при $t_П = -22,4^{\circ}C$ і відносною вологістю $\varphi = 1$;
$h_П = 2,09 * t_П = 2,09 * (-22,4) = -46,8$ кДж/кг – ентальпія інею;
$C_B^{'} = 1,009 + 1,87 * d_m = 1,009 + 1,87 * (-17) * 10^{-3} = 0,98$ кДж/(кгК) – питома теплоємність вологого повітря;
$d_m = 0,5 * (d_K + d_2) = 0,5 * (-16 - 18) * 10^{-3} = -17 * 10^{-3} кг/кг$ - влагосодержание повітря при визначальній температурі.

Пріведений коефіцієнт тепловіддачі від повітря до зовнішньої поверхні теплопередающего елементу з врахуванням термічного опору шару інею знайдемо як:

$$\alpha_{ПР} = \left(\frac{1}{\alpha_K * \xi} + \frac{\delta_{ИН}}{\lambda_{ИН}} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{51*1,2} + \frac{0,003}{0,2} \right)^{-1} = 32 \frac{Вт}{м^2 * К} \quad (3.32)$$

де , $\lambda_{ИН} = 0,2 Вт/(м * К)$ - коефіцієнт теплопровідності інею.

Коефіцієнт эфективности ребра знайдемо як:

$$E = \frac{th(mh)}{mh} = \frac{th(0,61)}{0,61} = 0,88 \quad (3.33)$$

де $mh' = \sqrt{\frac{2 * \alpha_{ПР}}{\delta_{СР.Р} * \lambda_Р}} * h' = \sqrt{\frac{2*32}{0,001*180}} * 0,032 = 0,61$ - безрозмірний комплекс (3.34)

$\lambda_Р = 180 \frac{Вт}{м \cdot К}$ - коефіцієнт теплопровідності матеріалу ребра

$$h' = h * (1 + 0,805 * \log(\frac{D}{d_Н})) = 0,01 * (1 + 0,805 * \log(\frac{0,036}{0,0078})) = 0,032 м - \quad (3.35)$$

умовна висота ребра.

Умовний коефіцієнт тепловіддачі, віднесений до зовнішньої поверхні ребристого елементу

$$\alpha_{ПР.Н} = \alpha_{ПР} * (F_Р * E * \psi * C_К + F_{ТР}) / F_Н =$$
$$= 32 * (8,03*10^{-3} * 0,88 * 0,97 * 1 + 9,5*10^{-4}) / 8,98*10^{-3} = 27,8 \frac{Вт}{м^2 * К} \quad (3.36)$$

де $\psi = 1 - 0,058 * mh' = 1 - 0,058 * 0,61 = 0,97$ - коефіцієнт, що враховує (3.37)
нерівномірність тепловіддачі по висоті ребра;

C_K - коефіцієнт враховує контактне термічне спративление між трубою і ребром. Для біметалічної литої поверхні він рівний $C_K = 1$.

Коефіцієнт тепловіддачі при кипінні фреону в трубах апарату

$$\alpha_O = (103,2 + 0,19 * t_O) * q_B^{0,25} = (103,2 + 0,19 * (-30)) * 3060^{0,25} = 725 Bm / \left(м^2 * K\right) \quad (3.38)$$

де q_B - щільність теплового потоку, отнесеного до внутрішньої поверхні труби

$$q_B = \alpha_K * \xi * (t_{CP.B} - t_П) * \beta^И = 51 * 1,2 * (-19 - (-22,4)) * 14,7 = 3060 Bm / м^2 \quad (3.39)$$

Коефіцієнт теплопередачі,отнесеный до зовнішньої поверхні інею, рівний:

$$K_H^И = \left(\frac{1}{\alpha_{ПР.H}} + \frac{\varphi * \delta_T}{\lambda_T} + \frac{\beta_И}{\alpha_O}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{27,8} + \frac{8,5 * 0,0025}{45} + \frac{14,7}{725}\right)^{-1} = 17,7 \frac{Bm}{м^2 * K} \quad (3.40)$$

віднесений до зовнішньої «сухої» поверхні інею, рівний:

$$K_H = K_H^И * \frac{\beta}{\beta^И} = 17,7 * \frac{12}{14,7} = 14,5 \frac{Bm}{м^2 * K} \quad (3.41)$$

Перевіряємо значення раніше прийнятої температури поверхні інею.

Розрахункова різниця температур повітря і поверхні інею рівна:

$$\Delta t_P = \frac{q_H}{\alpha_K * \xi} = \frac{195}{51 * 1,2} = 3,2^\circ C \quad (3.42)$$

де q_H - щільність теплового потоку, віднесеного до зовнішньої поверхні інею, рівна: $q_H = K_H^И * (t_{CP.B} - t_O) = 17,7 * (-19 - (-30)) = 195 \frac{Bm}{м^2}$. (6.43)

Відносна погрішність прийнятої і розрахункової різниці температур рівна:

$$\delta = \left|\frac{\Delta t_P - \Delta t}{\Delta t_P}\right| * 100\% = \left|\frac{3,2 - 3,4}{3,2}\right| * 100\% = 6\% < 7\%, \quad (3.44)$$

де $\Delta t = t_{CP.B} - t_П = -19 - (-22,4) = 3,4^\circ C$ - прийнята різниця температур повітря і поверхні інею.

Знаходимо площу зовнішньої поверхні повітроохолоджувача

$F = Q_0 / K * (t_k - t_0)$

где Q_0 - теплоприток в камеру №1 $Q_0^{КАМ.№1} = 404,65 Bm$

$F_{к1} = 404,65 * 10^{-3} / 14,5 * (-18 + 30) = 0,0023$ м^2

3.3 Компонувальний розрахунок повітроохолоджувача

Метою компонувального розрахунку ПО є:

а) Визначення загальної кількості труб в теплообмінній секції, що забезпечують розрахункову величину теплообмінної поверхні;

б) Визначення кількості труб в поперечному і подовжньому перетинах повітроохолоджувача, і на їх основі габаритних розмірів теплообмінної секції апарату.

Об'ємна витрата повітря через повітроохолоджувач

$$V_{п} = \frac{Q_0}{\left[\rho_{п} \cdot (h_{вк} - h_2) \cdot 10^3\right]} = \frac{404.65}{(1.428 \cdot (-24.4 - (-26.45))} = 2.05 \ \frac{м^3}{с}$$

Орієнтовні геометричні розміри теплообмінної секції повітроохолоджувача У фронтальному перетині, визначають з виразів:

Ширина

$$H_h' = (F_ф / n)^{0.5} = (0.82 / 2)^{0.5} = 0.64 \ м$$

Довжина

$$L_h' = H_h' \cdot n = 0.64 \cdot 2 = 1.28 \ м$$

Орієнтовне число труб у фронтальному перетині пучка, шт

$$z_п' = H_h' / S_1 = 0.64 / 0.06 = 10.7$$

Число труб упоперек потоку повітря визначають округленням z_n' до цілого парного значення z_n=12, тоді дійсна ширина і довжина секції складе:

$$H = z_n \cdot S_1 = 12 \cdot 0.06 = 0.72 \ м$$

$$L = F_ф / H = 0.82 / 0.64 = 1.28 \ м$$

Число ребристих елементів у фронтальному перетині повітроохолоджувача

$$n_ж = F_ж / f_ж = 1.139 / \left(5.984 \cdot 10^{-4}\right) = 1136 \ шт$$

Площа сухої зовнішньої поверхні одного ряду труб у фронтальному перетині повітроохолоджувача

$$F_{н1} = f_{зн.і} \cdot n_ж = 6.596 \cdot 10^{-3} \cdot 1136 = 7.49 \ м^2$$

Орієнтовне число труб по ходу повітря у ПО

$$z_{пр}' = F_{зн} / F_{н1} = 49.3 / 7.49 = 6.6$$

Число труб уздовж потоку повітря визначають округленням z_{np}’ до цілого значення у велику сторону $z_{np}=7$, тоді розрахункові параметри теплообмінної секції ПО складе

Загальна довжина труб апарату

$$\Sigma L = L \cdot z_n \cdot z_{np} = 1.28 \cdot 12 \cdot 7 = 107.5 \text{ м}$$

Площа зовнішньої поверхні апарату

$$F_д = \Sigma L \cdot \pi \cdot d_{вн} \cdot \beta = 107.5 \cdot 3.14 \cdot 0.016 \cdot 12.104 = 65.37 \text{ м}^2$$

Глибина секції

$$B = S_2 \cdot z_{пр} = 0.06 \cdot 7 = 0.42 \text{ м}$$

4. РОЗРАХУНОК ПОВІТРЯНОГО КОНДЕНСАТОРА

Вихідні дані:

Теплова нагрузка на конденсатор $Q_K = 681.65 Вт$

$t_н = 33^0 C$ - розрахункова температура зовнішнього повітря

$\varphi_н = 60\%$ - відносна вологість зовнішнього повітря

R-600A холодильний агент

Зовнішній діаметр труби $d_н = 0,008 м$

Внутрішній діаметр труби $d_{вн} = 0,006 м$

Товщина ребра у вершини $\delta_в = 0,001 м$

Товщина ребра підстави $\delta_0 = 0,001 м$

Крок ребер $u = 0,002 м$

Висота ребра $h = 0,024 м$

Матеріал труб мідь

Матеріал ребер алюміній

Форма ребер кругле ребро

Розташування труб в пучку шахове

Крок труб по фронту повітря $S_1 = 0,024 м$

Крок труб по діагоналі $S_2' = 0,024 м$

Крок труб по ходу повітря $$S_2 = \sqrt{\left(S_2'\right)^2 - \left(\frac{S_1}{2}\right)^2} = 0,0017 м \qquad (7.1)$$

Тоді діаметр труби в підстави ребер буде рівний

$$d_0 = d_н + 2\delta_0 = 0,008 + 0,002 = 0,01 м \qquad (7.2)$$

7.1 Тепловий розрахунок

Задаюся глибиною підігрівання повітря КВО $\triangle t_в = (4....8)^0 C$, тоді температура повітря на виході з апарату

$$t_в = t_н + \triangle t_в = 33 + 5 = 38^0 C \qquad (7.3)$$

Температура конденсації

$$t_к = t_н + (10....14) = 33 + 12 = 45^0 C \quad (7.4)$$

Середньологарифмічна різниця температур в апараті

$$\theta_Л = \frac{t_в - t_н}{\ln \frac{t_к - t_н}{t_к - t_в}} = \frac{38 - 45}{\ln \frac{45 - 33}{45 - 38}} = 9,27^0 C \quad (7.5)$$

Задаємося швидкістю повітря в живому перетині апарату $\omega_в = 1 м / с$

Фізичні параметри повітря при температурі: $t_{св} = 0,5 * (33 + 38) = 35,5^0 C$ (7.6)

$\nu = 16,56 * 10^{-6} м^2 / с$ - коефіцієнт кінематичної в'язкості;

$C_P = 1,005 кДж / (кг * К)$ – питома теплоємність;

$\lambda = 0,027 Вт / (м * К)$ - коефіцієнт теплопровідності;

$\rho = 1,14 кг / м^3$ - щільність;

$\Pr = 0,7$ - число Прандтля.

Вихідне рівняння для розрахунку конвективного коефіцієнта тепловіддачі на стороні повітря вибираємо по параметром його застосовності. При поперечному обтіканні повітрям шахових пучків труб з круглими литими трапецієвидними ребрами воно має вигляд:

$$Nu = (1 - n) * C_z * C_S^m * \varphi^{-0.5} * \mathrm{Re}^n = (1 - 0,72) * 0,9 * (1,27)^{0,31} * (19,6)^{-0,5} * 13587^{0,72} = 65,2 \quad (7.7)$$

Де $C_Z = 0,9$ - коефіцієнт, що враховує кількість рядів труб уздовж потоку повітря

$Cs = \frac{S_1 - d_0}{S_2 - d_0} = \frac{0,024 - 0,001}{0,024 - 0,001} = 1,27$ - коефіцієнт форми пучка; (7.8)

$\varphi = (F_p + F_{тр}) / F_0 = (7,6 * 10^{-3} + 0,24 * 10^{-3}) / 0,4 * 10^{-3} = 19,6$ - міра обребрення; (7.9)

$F_{тр} = \pi * d_0 * (u_p - \delta_{ор}) = 3,14 * 0,025 * (0,005 - 0,002) = 0,24 * 10^{-3} м^2$ - площа зовнішньої поверхні труб між ребрами ; d_0 - діаметр труб підстава ребер, м;

$F_p = 1,57 * \left(D_p^2 - d_0^2\right) + \pi * D_p * \delta_в = 1,57 * \left((0,024)^2 - (0,001)^2\right) + 3,14 * 0,024 * 0,001 = 7,6 * 10^{-3} м^2$ - площа поверхні одного ребра ;

$F_0 = \pi * d_0 * u = 3,14 * 0,025 * 0,005 = 0,4 * 10^{-3} м^2$ -площа зовнішньої поверхні труб з умовно знятим ребром на довжині крока ребер;

$n = 0,61 * \varphi^{-0.08} = 0,61 * (19,6)^{-0,08} = 0,72$; $m = S_2 + \varphi^{-0.48} = 0,07 + (19,6)^{-0,48} = 0,31$

(7.10)

$$\mathrm{Re} = \frac{w_в * d_0}{\nu_в} = \frac{1 * 0,025}{16,56 * 10^{-6}} = 13587 \qquad (7.11)$$

Конвективний коефіцієнт теплообміну

$$\alpha_k = Nu * \lambda / d_0 = \left(65,2 * 2,7 * 10^{-2}\right) / 0,025 = 70 Bm / (м^2 * K) \qquad (7.12)$$

Ефективність ребра без врахування поправки на трапециевидность

Коефіцієнт эфективности ребра

$$E = \frac{th(mh)}{mh} = \frac{th(0,75)}{0,75} = 0,64 \qquad (7.13)$$

де $mh' = \sqrt{\frac{2 * \alpha_k}{\delta_Р * \lambda_Р}} * h' = \sqrt{\frac{2 * 70}{0,001 * 180}} * 0,033 = 0,75$ - безрозмірний комплекс (7.14)

$\lambda_Ð = 180 \frac{Âò}{ì^2 * Ê}$ - коефіцієнт теплопровідності матеріалу ребра

$h' = h * (1 + 0,35 * \ln(\frac{D_р}{d_0})) = 0,024 * (1 + 0,35 * \ln(\frac{0,024}{0,025})) = 0,033 м$ - умовна висота ребра.

Приведений коефіцієнт тепловіддачі, віднесений до зовнішньої поверхні апарата

$$\alpha_{ПР.Н} = \alpha_k * \left(E * \left(F_р / F_Н\right) + \left(F_{ТР} / F_Н\right)\right) =$$

$$= 70 * \left(0,64 * \left(7,6 * 10^{-3} / 7,84 * 10^{-3}\right) + \left(0,24 * 10^{-3} / 7,84 * 10^{-3}\right)\right) = 45,6 \frac{Bm}{м^2 * K}$$

(7.15)

де $F_Н = F_р + F_{тр} = 7,6 * 10^{-3} + 0,24 * 10^{-3} = 7,84 * 10^{-3} м^2$ - площа зовнішньої поверхні елементу обребреної труби;

Щільність теплового потоку з боку повітря, віднесена до зовнішньої поверхні апарату

$$q_Н = \theta_в / \left[\left(1 / \alpha_{пр}\right) + ((\delta_{тр} / \lambda_{тр}) + \left(\delta_0 / \lambda_0\right) + \left(\delta_м / \lambda_м\right)) * \left(F_Н / F_0\right)\right] =$$

$$\theta_в / \left[\left(\frac{1}{45,6}\right) + \left(0,001 / 400 + 0,0015 / 180 + 0,00005 / 0,12\right) * \left(7,84 * 10^{-3} / 0,4 * 10^{-3}\right)\right] = \theta_в / 0,03$$

де $\delta_{тр} / \lambda_{тр}$ - термічний опір самій труб $\left(м^2 * K\right) / Bm$;

δ_0 / λ_0 - термічний опір шаруючи масла $\left(м^2 * K\right) / Bm$;

$\delta_м / \lambda_м$ - термічний опір з боку повітря $\left(м^2 * K\right) / Bm$;

$\theta_в = t_w - t_{св}$ - температурний натиск на стороні повітря ^0C,

t_w - температура поверхні апарату;

В розрахунок застосовуємо

$\delta_м = 0,00005м, \lambda_м = 0,12Вт/(м*К)$;

Коефіцієнт тепловіддачі з боку агента, що конденсується, віднесений у внутрішній поверхні труби

$$\alpha_0 = 1940*\theta_0^{-0,167}*d_{ВН}^{-0,25} = 1940*\theta_0^{-0,167}*(0,02)^{-0,25} = 5158,7*\theta_0^{-0,167} Вт/(м^2*К) \quad (7.16)$$

Де $\theta_0 = t_k - t_{wв}$ - температурний натиск на стороні х.а.

$t_{wâ}$ - температура внутрішньої поверхні труб апарату;

Щільність теплового потоку з боку агента, віднесена до зовнішньої поверхні апарату

$$q_Н = \alpha_0*(F_{вн}/F_Н)*\theta_0 = 5158,7*(0,31*10^{-3}/7,84*10^{-3})*\theta_0^{0,833} = 204*\theta_0^{0,833} Вт/м^2 \quad (7.17)$$

Де $F_{вн} = \pi*d_{вн}*u = 3,14*0,02*0,005 = 0,31*10^{-3} м^2$ - площа внутрішньої поверхні елементу труби довжині одного кроку ребер;

Будуємо графік залежності : $q_Н = f(\theta_л)$;

1 ряд - $q_Н = f(\theta_в)$; почало прямий від крапки 0, а кінець прямої буде

$$q_Н = \theta_л / 0,03 = 9,27/0,03 = 309 Вт/м^2 \quad (7.18)$$

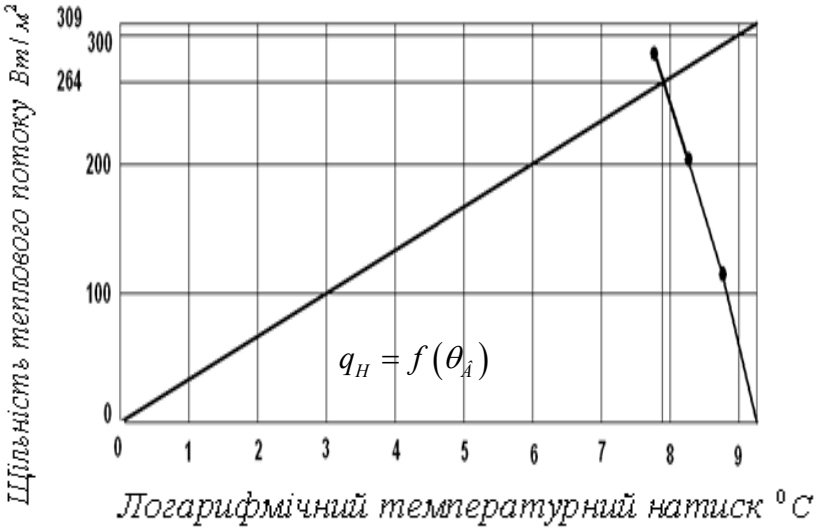
2 ряд- $q_Н = f(\theta_0)$ задаємося в межах зміни $\theta_ë$ і вважаючи початком координат кінцеве значення $\theta_ë$;

$$q_Н = 204*\theta_0^{0,833} Вт/м^2 \quad (7.19)$$

1) $q_Н = 204*\theta_0^{0,833} = 204*(0,5)^{0,833} = 115 Вт/м^2$

2) $q_Н = 204*\theta_0^{0,833} = 204*1^{0,833} = 204 Вт/м^2$

3) $q_Н = 204*\theta_0^{0,833} = 204*(1,5)^{0,833} = 286 Вт/м^2$



$q_Н = f(\theta_{î})$

Рисунок 7.1 - Графіки залежностей $q_H = f(\theta_Л)$

У точці пересічення графіків знаходимо дійсне значення щільності теплового потоку, віднесеної до зовнішньої поверхні $q_H = 264 Вт/м^2$ і температурні натиски з боку повітря $\theta_B = 7,9^0 C$ і агента $\theta_0 = 1,37^0 C$

7.2 Конструктивний розрахунок

Зовнішня поверхня КВО

$$F_{НК}^{ЗБ.ЗАМ.} = Q_K / q_H = 0,681*10^3 / 264 = 2,57 м^2 \quad (7.20)$$

Витрата повітря через апарат

масовий:

$$G_B^{ЗБ.ЗАМ.} = \frac{Q_K}{C_P*(t_B - t_H)} = \frac{681,65}{1,005*(38-33)} = 1,19 кг/с \quad (7.21)$$

Живий перетин КВО, що забезпечує набутого значення швидкості повітря

$$F_{ЖС}^{ЗБ.ЗАМ.} = V_B / \omega_B = 1,04/1 = 1,04 м^2 \quad (7.23)$$

Зовнішня поверхня одного погонного метра обребреної труби

$$F_{ПМ} = \pi * d_{Вн} * \beta = 3,14*0,006*25,3 = 0,47 м^2 \quad (7.24)$$

де $\beta = F_н / F_{вн} = 7,84*10^{-3} / 0,31*10^{-3} = 25,3$

(7.25)

Сумарна довжина труб в апараті:

$$\sum L^{ЗБ.ЗАМ.} = F_{НК} / F_{ПМ} = 2,58/0,47 = 5,48 м \quad (7.26)$$

Площа живого перетину одного ребристого елементу

$$F_{РЖ} = (S_1 * u) - (2h * \delta_p + d_0 * u) = (0,024*0,005) - (2*0,024*0,0015 + 0,008*0,005) = 0,0008 м^2$$

Число ребристих елементів у фронтальному перетині пучка труб апарату

$$n_{РЭ}^{ЗБ.ЗАМ.} = F_{ЖС} / F_{РЖ} = 1,04 / 0,0008 = 1300шт \quad (7.27)$$

Сумарна довжина труб у фронтальному перетині пучка

$$\sum l_{Ф}^{ЗБ.ЗАМ.} = u * n_{РЭ} = 0,005 * 1300 = 6,5м \quad (7.28)$$

Площа вільного(фронтального) перетину апарату на вході повітря

$$S_{Ф}^{ЗБ.ЗАМ.} = F_{ЖС} * S_1 * u / F_{РЖ} = 1,04 * 0,024 * 0,005 / 0,0008 = 0,156м^2 \quad (7.29)$$

Орієнтовні геометричні розміри КВО

ширина

$$b^{ЗБ.ЗАМ.} = \left(S_{ф} / z\right)^{0,5} = \left(3,2 / 2\right)^{0,5} = 0,279м \quad (7.30)$$

довжина

$$L^{ЗБ.ЗАМ.} = b * z = 0,279 * 2 = 0,558м \quad (7.31)$$

Число труб у фронтальному перетині пучка

$$n_{Ф}^{ЗБ.ЗАМ.} = b / S_1 = 0,279 / 0,024 = 4,6шт \quad (7.32)$$

Результат округлюємо до цілого значення тоді дійсна ширина і довжина теплообмінної секції апарату

$$b_{Д}^{ЗБ.ЗАМ.} = \left(n'_{Ф} * S_1\right) = \left(5 * 0,024\right) = 0,288м \quad (7.33)$$

$$L_{Д}^{ЗБ.ЗАМ.} = S_{Ф} / b_{Д} = 0,156 / 0,288 = 0,541м \quad (7.34)$$

Число труб уздовж потоку повітря

$$n_{В}^{ЗБ.ЗАМ.} = \sum L / \sum l_{Ф} = 5,48 / 6,5 = 2,75шт \quad (7.35)$$

Результат округлюємо до цілого значення $n_{в} = 3шт$,тогда розрахунковий параметри КД

сумарна довжина труб:

$$\sum L_{Д}^{ЗБ.ЗАМ.} = L_{Д} * n'_{ф} * n'_{в} = 0,541 * 5 * 3 = 26м^2 \quad (7.36)$$

площа зовнішньої поверхні:

$$F_{Д}^{ЗБ.ЗАМ.} = \sum L_{Д} * \pi * d_{ВН} * \beta = 26 * 3,14 * 0,006 * 25,3 = 12,4 м^2 \quad (7.37)$$

висота(глибина) секції:

$$h = S_2 * n'_B = 0,024 * 4 = 0,096 м \quad (7.38)$$

Число труб уздовж потоку повинне знаходитися в межах значень, що рекомендуються $3 \le n_B \le 12$. $n'_в = 3 шт$

7.3 Розрахунок аеродинамічного опору

Розрахунок аеродинамічного опору пучка труб з круглими ребрами :

Число Ейлера знайдемо з вираження:

$$Eu = 3,1 * n'_B * \sigma_1^{0,58} * \sigma_2^{0,3} * \mathrm{Re}^{-n} = 3,1 * 5 * (3)^{0,58} * (3)^{0,3} * 13587^{-0,3} = 2,44 \quad (7.39)$$

де $$n = 0,22 * \varphi^{0,105} = 0,22 * (19,6)^{0,105} = 0,3 \quad (7.40)$$

$$\sigma_1 = S_1 / d_0 = 0,024 / 0,008 = 3 \quad (7.41)$$

$$\sigma_2 = S_2 / d_0 = 0,024 / 0,008 = 3 \quad (7.42)$$

Аеродинамічний опір пучка труб отримаємо так.

$$\triangle P = Eu * \omega^2 * \rho = 2,44 * 1^2 * 1,14 = 2,78 Па \quad (7.43)$$

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

1. Загальні вимоги безпеки

1.1. Щоб уникнути травмування та ураження електричним струмом до роботи з обслуговування холодильного устаткування допускаються особи, які знають устрій-ство і правила безпечної експлуатації, пройшли інструктаж з техніки безпеки.

1.2. При експлуатації холодильного обладнання дотримуватися загальних правил електробезпеки при користуванні електричними приладами.

1.3. До основного небезпечного фактору при обслуговуванні холодильного обладнан-ня відноситься ураження електричним струмом.

2. Вимоги безпеки перед початком роботи

2.1. Перш ніж включати в роботу холодильник, необхідно:

• вимити холодильник всередині і зовні теплим содовим розчином, потім чистою водою, насухо витерти м'якою тканиною, холодильник ретельно провітрити; не допускається використовувати для миття холодильника абразивная пасти, порошки та миючі засоби, що містять кислоти, раство-Рітель, а також засоби для миття посуду;

• перед підключенням холодильника до електричної мережі візуально проверить відсутність пошкоджень шнура і вилки, помічені недоліки повинні бути усунені механіком сервісної служби.

2.2. Забороняється встановлювати холодильник в нішу, для вільної циркуляції повітря необхідно.

3. Вимоги безпеки під час виконання роботи

3.1.Загрузку продуктів в холодильник слід проводити не раніше ніж через годину з моменту підключення його до електричної мережі.

3.2. Розміщення, зберігання, заморожування продуктів здійснювати згідно ре-комендації керівництва по експлуатації холодильника (холодильної шафи, камери).

3.3. Розморожування холодильної камери відбувається автоматично - в процес-се роботи на задній стінці камери утворюється іній, що після відключення компресора перетворюється в краплі води. Тая, вода стікає в лоток зливу,

по труб-ке потрапляє в посудину на компресорі, випаровується. Необхідно періодично сле дить потім, щоб вода без перешкод стікала в посудину. Експлуатація холодиль-ника з засохлої системою відведення талої води не допускається. При виявленні води під холодильником слід встановити причину її появи і усунути, так як це може послужити причиною травмування і ураження струмом.

3.4. В процесі роботи холодильника можуть бути чутні:

• клацання спрацьовування датчиків реле температури:

• дзюрчання хладагента, циркулюючого по трубках;

• легкі потріскування при замерзанні крапель води на задній стінці холоддільной камери.

Дані звуки носять функціональний характер і не впливають на роботу холодиль-ника.

3.5. Щоб продукти зберегли аромат, колір, вологу і свіжість, класти їх у упаковки або в щільно закритому посуді.

3.6. Рекомендується два рази на рік проводити прибирання задньої частини холодильного обладнання від пилу за допомогою пилососа.

4. ВИМОГИ БЕЗПЕКИ при відключенні

4.1. Відключати холодильник від електричної мережі, вийнявши вилку розетки: залишати-лять простір від стін не менше 5 см. Встановити холодильник в сухому, добре провітрюваному приміщенні, в місці, недоступному для прямих сонячних променів, на відстані не менше 50 см до нагрівальних приладів.

• при перестановці його на інше місце;

• при митті підлоги під ним;

• при розморожуванні і прибирання холодильника;

• при заміні лампи освітлення холодильної камери;

• при перепадах і відключенні напруги в електричній мережі;

• при усуненні несправностей;

• при виконанні операцій, пов'язаних з обслуговуванням холодильника.

4.2. забороняється:

• при включеному в електричну мережу холодильнику одночасно нака-саться до холодильника і пристроїв, що мають природне заземлення (радіатори опалення, водопровідні труби, мийки і т.п.);

• ремонтувати і мити включений в мережу холодильник;

• підключати холодильник до електричної мережі, яка має несправності-ву захист від струмових перевантажень;

• використовувати для підключення холодильника до електричної мережі пере-ходнікі, багатополюсні розетки і подовжувальні шнури;

• зберігати в холодильнику вибухонебезпечні речовини;

• зберігати в морозильній камері скляні ємності з замерзаючими жидкістками і газовані напої в закупорених судинах, так як при за-мерзанії вони вибухонебезпечні;

• експлуатувати холодильник при відсутності ємності для збору талої во-ди;

• встановлювати в холодильник лампу освітлення потужністю більше I5Вт;

• проводити заміну елементів електропроводки спеціаліст, яка має-му на те дозволу.

5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях:

5.1. При появі несправності в роботі холодильника (іскріння і т.д.) неповільно відключити від електромережі і повідомити про це адміністрацію школи і електрику.
5.2. При виникненні загоряння негайно відключити від електромережі і при необхідності гасити первинними засобами пожежогасіння.
5.3. При ураженні електрострумом надати потерпілому першу допомогу, при відсутності у потерпілого дихання і пульсу зробити йому штучне дихання і непрямий масаж серця до відновлення дихання і пульсу і відправити постраждав до найближчої лікувальної установи.
5.4. При отриманні травми надати першу допомогу потерпілому, при необхідності відправити його до найближчої лікувальної установи і повідомити про це адміністрацію.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Чумак І.Г. Холодильне проектування. Підручник. С. 2007. 168-202.
2. 3. Морозюк Т.В. Теорія холодильних машин і теплових насосів.- Одеса: студія “Негоциант”2006. С.712 (з додатком)
3. Bellstedt, M., 2008. Carbon dioxide systems for supermarkets review. Green Cooling Council (GCC), 5 pgs, available from: http://www.r744.com (accessed 23/07/2009).
4. Bellstedt, M., Elefsen, F., Jensen, S.S., 2002. Application of CO2 (R744) refrigerant in
   industrial cold storage plant. Forum, 25-30 (also available online from www.airah.org.au).
5. Bertelsen, P., and Christensen, K., 2003. Use of natural refrigerants in supermarkets. Danish Environmental Protection Agency.
6. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.danfoss.com
7. Холодильне обладнання [Текст]: підручник / Д. П. Семенюк, О. В. Петренко ; ХДУХТ. — Харків : Світ Книг, 2021. — 633 с.
8. Холодильні установки спеціального призначення: конспект лекцій [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко, Н. О. Піщанська; Каф. холодильних установок і кондиціювання повітря. — Одеса: ОНТУ, 2023. — 99 с. — Електрон. текст. Дані.
9. Плодоовочесховища: проектування, оптимізація, розрахунки [Текст]: підручник / М. Г. Хмельнюк, В. П. Кочетов, А. В. Форсюк, Н. В. Жихарєва; під заг. ред. М. Г. Хмельнюка; Одес. нац. акад. харч. технологій, Нац. ун-т харч. технологій. — Одеса: Бондаренко М. О., 2018. — 228 с.
10. Методичні вказівки та примірний розрахунок по курсовому та дипломному проектуванню з дисципліни "Холодильні машини і установки спеціального призначення" [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко; Каф. холодильних установок і кондиціювання повітря. — Одеса: ОНАХТ, 2019. — 34 с. — Електрон. текст. дані.
11. Кваліфікаційна робота: метод. вказівки до виконання та оформленя роботи для здобувачів СВО "Бакалавр" [Електронний ресурс]: спец. 142 "Енергетичне машинобудування", галузі знань 14 "Електрична інженерія" ден. та заоч. форм навчання /М. Г. Хмельнюк та ін. ; відп. за вип. М. Г. Хмельнюк; Каф. холодильних установок і кондиціювання повітря. — Одеса: ОНАХТ, 2021. — Електрон. текст. дані: 20 с.