

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

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

### Удосконалення холодильного агрегату побутового холодильника

Галузь знань 14 Електрична інженерія  
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Шифр БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Виконав студент  
3 курсу групи ЕТс-21-2

  
Підпис

Липовецький Т.М.  
Ініціали, прізвище

Керівник

  
Підпис, дата

д.т.н., проф. Білий Л.А.  
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер

  
Підпис, дата

О.С. Поліщук  
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:  
Зав. кафедри МАЕЕС

  
Підпис, дата

д.т.н., проф. Поліщук О.С.  
Ініціали, прізвище

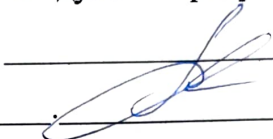
11 06 2024 р.

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС

  
\_\_\_\_\_ .202\_\_

## ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

**Липовецький Тарас Михайлович**

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи **Удосконалення холодильного агрегату побутового холодильника**

керівник роботи **Білий Л.А., д.т.н., проф.**

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

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

2. Строк подання студентом роботи на кафедру МАЕЕС

3. Вихідні дані до роботи: **технічні характеристики холодильної техніки.**

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1 **Огляд та аналіз технічних та технологічних рішень в області холодильної техніки**

2 **Розробка конструкції компресійного холодильника з удосконаленим холодильним агрегатом**

3 **Розрахунки, що підтверджують працездатність удосконаленого холодильника**

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Аркуш 1. Конденсатори холодильної техніки. Док. оглядовий (A1).

Аркуш 2. Елементи холодильної техніки. Док. оглядовий (A1). Аркуш 3.

Однокамерний холодильник. Габаритне креслення (A1). Аркуш 4, 5.

Двокамерний холодильник. Вид загальний (A1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Огляд та аналіз технічних та технологічних рішень в області холодильної техніки	20.05.24р.	
2 Розробка конструкції компресійного холодильника з удосконаленим холодильним агрегатом	07.06.24р.	
3 Розрахунки, що підтверджують працездатність удосконаленого холодильника	17.06.24р.	
4 Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	20.06.24р.	

Студент

  
Підпис

\_\_\_\_\_ Ініціали, прізвище

Керівник роботи

  
Підпис

\_\_\_\_\_ Ініціали, прізвище

# АНОТАЦІЯ

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

1. Прізвище, ім'я та по батькові Липовецький Тарас Михайлович

---

2. Тема бакалаврської роботи

Удосконалення холодильного агрегату побутового холодильника

---

---

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента

---

---

4. Об'єм магістерської роботи: креслень 5 арк., сторінок записки 77

5. Основні розділи розрахунково-пояснювальної записки:

1 Огляд та аналіз технічних та технологічних рішень в області холодильної техніки

2 Розробка конструкції компресійного холодильника з удосконаленим  
холодильним агрегатом

3 Розрахунки, що підтверджують працездатність удосконаленого холодильника

Висновки

Перелік джерел посилання

---

---

---

---

Підпис студента

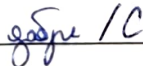


" 17 " 06 2024 р.

## РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 114 від " 28 " 06 2024 р.

Оцінка проекту ЕК



Рекомендації ЕК

---

---

Особливі відмітки

---




Технічний секретар



" 28 " 06 2024 р.

## ЗМІСТ

	стор.
Вступ	6
1 Огляд та аналіз технічних та технологічних рішень в області холодильної техніки	8
1.1 Аналіз побутових холодильників	8
1.2 Патентний огляд конденсатора побутового холодильника	15
1.3 Аналіз конструкції конденсаторів побутових холодильників	24
1.4 Патентний огляд випарника холодильника	26
1.5 Аналіз конструкції випарників побутових холодильників	32
1.6 Електрична схема холодильника	33
1.7 Висновки до першого розділу	35
2 Розробка конструкції компресійного холодильника з удосконаленим холодильним агрегатом	36
2.1 Розробка конденсатора побутового холодильника	36
2.2 Розробка випарника побутового холодильника	38
2.3 Розробка конструкцій холодильників з удосконаленим холодильним агрегатом	40
2.4 Електронне керування побутовим холодильником	42
2.5 Система проти намерзання холодильника	44
2.6 Висновки до другого розділу	51
3 Розрахунки, що підтверджують працездатність удосконаленого холодильника	52
3.1 Розрахунок теоретичного циклу	52

<b>БРМА24.00.00.000ПЗ</b>									
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>	Удосконалення холодильного агрегату побутового холодильника Пояснювальна записка	<b>Літ.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Аркушів</b>	
Розроб.		Липовецький						4	77
Перевір.		Білий							
Т.Контр.									
Н. Контр.									
Затверд.		Поліщук			<b>ХНУ гр.ЕТс-21-2</b>				

3.2	Розрахунок теплового навантаження, визначення холодопродуктивності холодильного агрегату	55
3.3	Тепловий розрахунок компресора	65
3.4	Розрахунок конденсатора	67
3.5	Розрахунок випарника	69
3.6	Висновки до третього розділу	73
	Висновки	74
	Перелік джерел посилання	75
	Додатки	77

## ВСТУП

Поліпшення холодильної техніки є надзвичайно важливим завданням з кількох ключових причин. Холодильні пристрої є невід'ємною частиною сучасного життя, промисловості та комерційної діяльності. Вони забезпечують зберігання продуктів харчування, медикаментів та інших чутливих до температури матеріалів, що є критичним для підтримання їх якості та безпеки.

Енергоефективність залишається одним з головних напрямів розвитку сучасних холодильних систем. Удосконалення технологій холодильного обладнання може значно знизити енергоспоживання, що не тільки зменшить витрати на електроенергію для користувачів, але й сприятиме зниженню викидів парникових газів, що важливо для боротьби зі змінами клімату. Використання новітніх матеріалів, оптимізація конструкцій компресорів та інших компонентів допомагає підвищити ефективність холодильних систем.

Традиційні холодоагенти, такі як хлорфторвуглеці (CFC) та гідрофторвуглеці (HFC), мають значний вплив на озоновий шар і сприяють глобальному потеплінню. Тому розробка та впровадження нових холодоагентів з низьким потенціалом глобального потепління (GWP) є надзвичайно важливою для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Сучасні користувачі очікують від своєї техніки тривалого терміну служби без необхідності частих ремонтів. Поліпшення матеріалів та технологій виробництва, а також впровадження інноваційних рішень у конструкцію дозволяють досягти високих стандартів надійності.

Новітні технології дозволяють дистанційно керувати холодильниками, моніторити їх роботу та здійснювати діагностику. Це підвищує зручність використання та дозволяє своєчасно виявляти та усувати можливі несправності.

Поліпшення дизайну та ергономіки холодильних пристроїв також залишається актуальним. Сучасні користувачі висувають високі вимоги до

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зовнішнього вигляду та функціональності побутової техніки. Відповідно, виробники повинні враховувати ці вимоги при розробці нових моделей.

Таким чином, удосконалення холодильної техніки є актуальним питанням, яке охоплює широкий спектр аспектів – від енергоефективності та екологічної безпеки до надійності, інтеграції у "розумний будинок" та покращення дизайну. Впровадження інновацій у цій галузі сприятиме підвищенню якості життя споживачів та збереженню навколишнього середовища.

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

# 1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ В ОБЛАСТІ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

## 1.1 Аналіз побутових холодильників

Побутові холодильники (рис. 1.1) призначені для зберігання швидкопсувних продуктів у охолоджену або заморожену стані. Холодильник складається з шафи, всередині якої розташована холодильна камера з полицями для продуктів. У машинному відсіку знаходиться холодильний агрегат. Камера ізолювана від зовнішніх стінок шафи шаром теплоізоляції, який захищає холодильну камеру від проникнення тепла ззовні. Для запобігання утворенню щілин у дверному отворі, на внутрішню стінку дверей прикріплений ущільнювач, який при зачинених дверях щільно прилягає до передньої площини шафи. Двері утримуються в закритому положенні за допомогою затвора.



Рисунок 1.1 - Холодильник компресійний побутовий

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Побутові холодильники класифікуються за такими ознаками:

За способом охолодження (типом холодильного агрегату):

- компресійні – К;
- абсорбційні - А ;
- термоелектричні (напівпровідникові) - ТЕ (згідно з ГОСТ 16317-17

"Прилади холодильні електричні побутові").

За призначенням:

- однокамерні для зберігання охолоджених продуктів;
- двокамерні для роздільного зберігання в одній шафі охолоджених і заморожених продуктів;
- низькотемпературні (морозильники) для заморожування і зберігання заморожених продуктів.

За способом встановлення:

- підлоговий - Ш (шафа),
- настінний - Н,
- у вигляді столу - С,
- блочно-вбудований - Б.

Таким чином, компресійний підлоговий холодильник об'ємом 200 дм<sup>3</sup> має умовне позначення КШ-200.

За рівнем комфорту:

- звичайної комфортності;
- підвищеної комфортності - П.

Холодильники підвищеної комфортності оснащені пристроями для автоматичного та напіваавтоматичного відтавання випарника холодильної камери з подальшим видаленням талої води. Крім того, вони можуть бути обладнані такими пристроями:

- для охолодження напоїв з видачею їх без відкривання дверей;
- для підтримання певної вологості в холодильній камері;
- для примусового автоматичного зачинення дверей;

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- для сигналізації режимів роботи холодильника;
- для обмеження кута відкривання дверей, щоб запобігти удару об стіну;
- для перестановки полиць по висоті з інтервалом не більше 50 мм або висуванні завантаженої полки на відстань не менше 50% її глибини при збереженні горизонтального положення.

За умовами експлуатації, холодильники поділяються на два класи:

- призначені для експлуатації в районах з помірним кліматом – УХЛ (N);
- призначені для експлуатації в районах з тропічним кліматом - Т.

Холодильники першого класу призначені для роботи при температурі навколишнього повітря не вище 32°C, при вищих температурах їх ефективність значно знижується. Холодильники тропічного класу розраховані на експлуатацію в умовах вологого тропічного клімату з температурою до 43°C, вони мають посилене теплоізоляційне огороження холодильної камери і підвищений захист від корозії.

Сучасні холодильники також класифікуються за температурою в морозильному відділенні або морозильній камері і маркуються зірочками, які наносять на дверцята холодильника або морозильного відділення. Кожна зірочка означає температуру -6°C. Холодильники можуть мати одну, дві або три зірочки, що відповідає температурі в низькотемпературному відділенні -6, -12, -18°C.

Холодильний процес проходить наступним чином. Під час роботи мотор-компресора рідкий холодоагент з конденсатора через капілярну трубку подається у випарник.

При цьому тиск і температура рідкого холодоагенту знижуються через обмежену пропускну здатність капілярної трубки та охолодження холодними парами холодоагенту, які йдуть назустріч по всмоктувальній трубці з випарника. При температурі -10 - 20 °C і тиску 0-1 атм рідкий холодоагент у випарнику кипить, поглинаючи тепло з холодильної камери. Щоб забезпечити постійне кипіння холодоагенту в випарнику при певному тиску, холодні пари відсмоктуються компресором через всмоктувальну трубку. Під час руху до

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

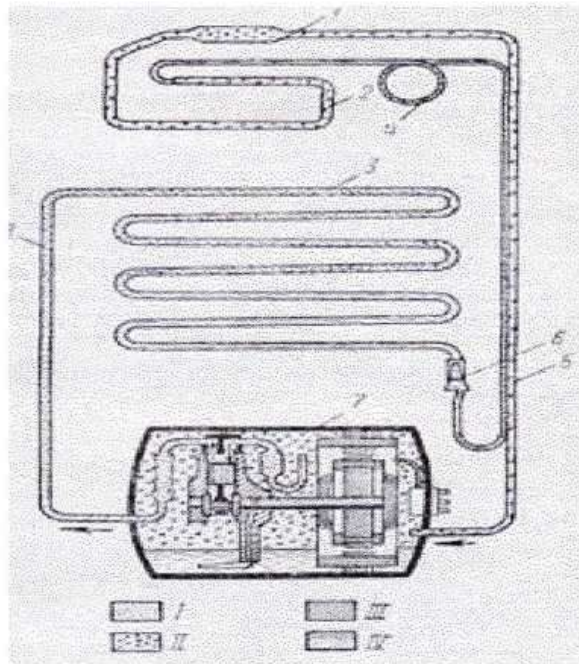
компресора їх температура підвищується за рахунок теплообміну з теплим рідким холодоагентом, що рухається по капілярній трубці, і навколишнім середовищем. При вході в кожух мотор-компресора температура парів становить приблизно 15 °С.

Оскільки температура обмоток електродвигуна і циліндра компресора значно вища за 15 °С, вони охолоджуються парами холодоагенту, що покращує умови роботи електродвигуна і компресора в герметичному кожусі. Підігріті пари холодоагенту нагнітаються компресором в конденсатор, який 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 вищою за температуру навколишнього повітря, тому в останніх витках конденсатора пари холодоагенту перетворюються в рідину. Процес конденсації парів супроводжується виділенням тепла, яке віддається навколишньому середовищу.

Рідкий холодоагент, який має температуру на 10-15 °С вищу за температуру навколишнього середовища, проходить через фільтр, поєднаний з осушувальним патроном, і далі по капілярній трубці знову надходить у випарник (рис.1.2)..

За кордоном широко поширені двокамерні холодильники з роздільним регулюванням температурних режимів для холодильної та морозильної камер. У таких холодильниках іноді використовують два автономних холодильних агрегати для кожної камери. Однак частіше застосовують один холодильний агрегат з одним загальним компресором і двома випарниками. Випарники можуть бути з'єднані послідовно або паралельно. Верхній випарник коробчатої форми призначений для охолодження морозильної камери, а нижній плоский - для холодильної. Принцип роботи такого холодильного агрегату аналогічний описаному раніше.

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



*I* - пари високого тиску; *II* - пари низького тиску; *III* - рідкий холодоагент;  
*IV* - мастило; 1 - осушувальний патрон; 2 - випарник; 3 - конденсатор;  
 4 - капілярна трубка; 5 - всмоктуюча трубка; 6 - фільтр; 7 - ресивер;  
 6 - нагнітальна трубка

Рисунок 1.2 - Схема холодильного агрегату компресійного типу:

При паралельному з'єднанні випарників вони підключаються до спільного компресора за допомогою двох капілярних трубок. На вході до капілярної трубки випарника холодильної камери встановлений спеціальний соленоїдний клапан, який відкриває шлях рідкому холодоагенту за сигналом датчика температури холодильної камери. Температура в морозильній камері в цьому випадку підтримується періодичною роботою мотор-компресора за допомогою окремого терморегулятора. Такий складніший за конструкцією холодильний агрегат вимагає більшої точності у виготовленні і тому не отримав широкого застосування.

Окремі вузли і деталі холодильних агрегатів зарубіжних побутових холодильників іноді мають свої конструктивні особливості, проте загальні схеми холодильних агрегатів можна вважати типовими для всіх побутових

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

компресійних холодильників. За компонованням електродвигуна з компресором, компресійні холодильні агрегати побутових холодильників відносяться до агрегатів закритого типу. Відмінністю закритого типу є те, що компресор і електродвигун мають один загальний вал і розміщуються в герметичному кожусі. Це компоновання спрощує конструкцію приводу компресора, робить агрегат компактним і забезпечує надійну герметичність без застосування спеціальних ущільнювачів.

Для підвищення ефективності виробництва та полегшення ремонту холодильних агрегатів проводиться уніфікація окремих елементів, таких як мотор-компресор, конденсатор, випарник та інші.

По розташуванню мотор-компресора в холодильній шафі розрізняють компресійні холодильні агрегати верхнього та нижнього розташування. Агрегати з верхнім розташуванням мотор-компресора конструктивно більш компактні, але в підлогових холодильниках менш зручні. Тому такі агрегати використовуються переважно в настінних холодильниках.

Агрегати з нижнім розташуванням мотор-компресора, хоч і менш компактні, забезпечують зменшення габаритів шафи та більш зручне компоновання холодильної камери в підлогових холодильниках.

Тривала експлуатація побутових холодильників і специфічні властивості холодоагенту висувають певні вимоги до конструкції та виготовлення компресійного холодильного агрегату. Основними з цих вимог є: надійна герметичність, відсутність повітря, води і механічних домішок у системі агрегату.

Необхідність надійної герметичності обумовлена тривалим терміном експлуатації холодильника і наступними чинниками. Компресійні холодильні агрегати побутових холодильників заповнюються порівняно невеликою кількістю (140-400 г) фреону-12. Тому навіть незначний витік фреону значно впливає на холодопродуктивність та економічність агрегату. Крім того, фреон-12 може проникати через дрібні пори в металі. Надійна герметичність

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

холодильного агрегату забезпечується ретельним виготовленням його деталей і вузлів, щільним нероз'ємним з'єднанням їх зварюванням або паянням, а також ретельним контролем.

Контроль герметичності холодильного агрегату під час виготовлення або ремонту здійснюється багаторазово і різними методами. Попередню перевірку герметичності окремих вузлів і зібраного агрегату зазвичай проводять методом опресування. У вузол або агрегат нагнітають сухе повітря або азот під тиском 10-18 атм. Потім вузол занурюють у ванну з водою і визначають місця нещільностей за вихідними бульбашками, які найчастіше виникають у з'єднаннях.

Остаточну перевірку герметичності холодильного агрегату проводять після його заправки маслом і фреоном. Для цього використовують спеціальний електронний течіїшукатель, який виявляє витіки фреону до 0,5 г на рік.

Наявність повітря в агрегаті різко погіршує його роботу. Неконденсоване повітря на виході конденсатора перед капілярною трубкою створює повітряну пробку, яка перешкоджає надходженню рідкого фреону у випарник. Внаслідок цього підвищується тиск у системі агрегату, що призводить до збільшення споживаної потужності та витрати електроенергії.

Перед заповненням агрегату маслом і фреоном з нього видаляють повітря вакуумуванням до тиску близько 0,1 мм рт. ст. Наявність навіть найменших кількостей води (15-20 мг) в холодильному агрегаті може серйозно порушити його роботу або вивести з ладу. Якщо вода не буде повністю видалена, вона може замерзнути в капілярній трубці і блокувати потік фреону у випарник. Крім того, вода може спричинити псування масла, корозію деталей агрегату, особливо клапанів компресора, розкладання ізоляції обмоток електродвигуна, засмічення фільтра тощо.

Для видалення вологи з агрегату під час виготовлення або ремонту проводять ретельне сушіння масла, фреону та всього зібраного агрегату. Перед сушінням всі вузли агрегату знежирюють, оскільки залишки масла на поверхні

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

деталей при температурі понад 100 °С пригорають, утворюючи міцну плівку.

Основними складовими побутових холодильників є: герметичний компресор, випарник, конденсатор, система трубопроводів (нагнітальний і всмоктувальний трубопровод, капілярна трубка), фільтр-осушувач і шафа.

## 1.2 Патентний огляд конденсатора побутового холодильника

Відомий конденсатор побутового холодильника [1], зображений на рисунку 1.3 у зібраному вигляді з шафою холодильника, загальний вигляд. На рисунку 2 представлений вид А з рис. 1.4. Конденсатор складається з трубчастого змійовика 1, коробчатого радіатора 2 з жалюзі 3 та конфузornoї соплової насадки 4. Конденсатор кріпиться відбіртовками 5 бічних стінок 6 радіатора 2 до задньої стінки шафи холодильника 7 похило з відкриттям догори. Конфузornoна соплова насадка 4 прямокутного перетину кріпиться відбіртовками 8 бічних стінок до задньої стінки холодильника 7, утворюючи зону 9 звуження. Компресор 10 встановлено в ніші 11.

Процес конвективного теплообміну в конденсаторі протікає наступним чином: під час роботи компресора 10 його корпус нагрівається, підігріваючи повітря в компресорній ніші 11. Тепле повітря піднімається вгору, проходячи зону 9 звуження, утворену радіатором 2 і насадкою 4. Швидкість повітряного потоку в звуженні збільшується при відповідному зниженні тиску. Потік, проходячи в простір між задньою стінкою холодильника 7 і радіатором 2, охолоджується за рахунок об'ємного розширення, маючи достатню швидкість для інжектування холодного повітря з навколишнього простору через жалюзі 3. Знизу соплової насадки 4 підсмоктується холодне повітря з навколишнього простору, знижуючи температуру повітряного потоку, що відводить тепло від радіатора 2.

Мета винаходу - це інтенсифікація теплообміну.

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

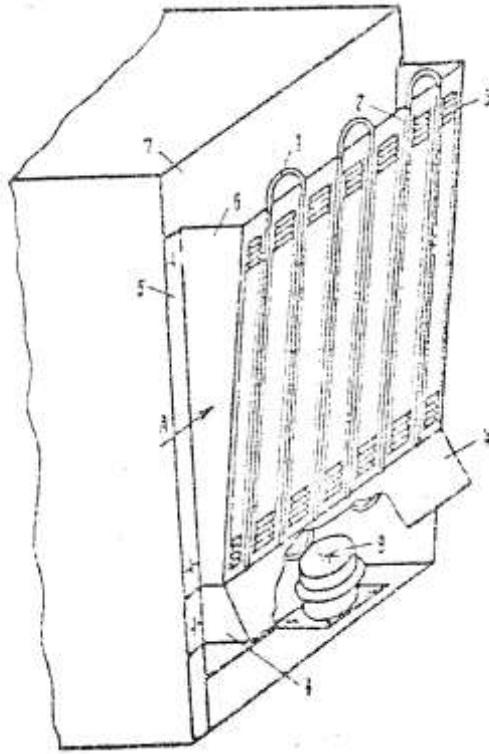


Рисунок 1.3- Загальний вигляд задньої стінки холодильної шафи

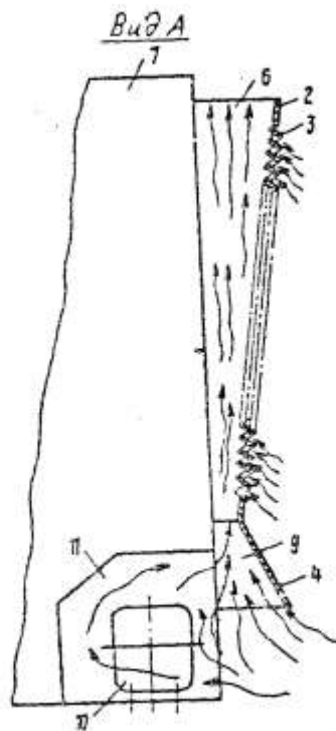


Рисунок 1.4 - Потік повітря через конденсатор

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000ПЗ

Арк.

16

Конденсатор [2] належить до сфери холодильного обладнання. Холодильник з конденсатором на задній стінці показаний на рисунку 1.5 (вид збоку) і на рисунку 1.6 (конденсатор). Конденсатор 1, закріплений на задній стінці 3 холодильника 2, містить витки 4, 5 ребра та має похилу ділянку 6, в яку введено дрiт 7 всередину витків 4.

Верхні витки конденсатора 1 розташовані паралельно задній стінці 3 холодильника, тоді як нижні витки, що становлять 0,4-0,6 висоти конденсатора, нахилені під кутом  $\alpha$  від вертикальної площини. Нахил нижньої частини конденсатора покращує тепловіддачу та зменшує теплопритоки через задню стінку шафи в холодильну камеру. Довжина похилої частини обрана таким чином, що кут нахилу нижньої частини конденсатора перевищує граничний кут нахилу прямого конденсатора.

Пар, що надходить у конденсатор 1, конденсується, проходячи по витках 4, і на похилій ділянці 6 основну частину потоку становить рідкий холодоагент. Металевий дрiт 7, виступаючи як турбулізатор, руйнує плівку конденсату, створює капілярні ефекти і мікровихори, що призводить до інтенсивного теплообміну. Оскільки турбулізація потоку ефективна для рідкої фази холодоагенту, металевий дрiт вводиться з боку вихідної частини конденсатора 1.

Мета винаходу - підвищити коефіцієнт тепловіддачі та знизити енергоспоживання.

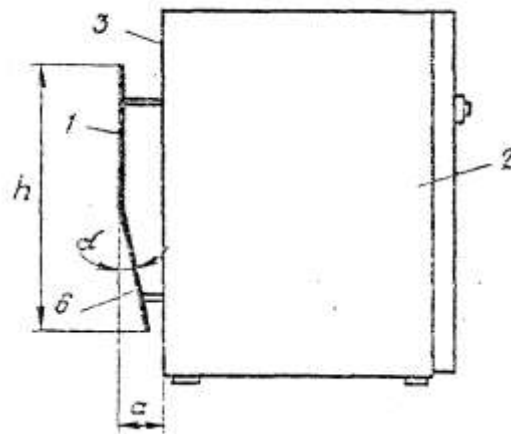


Рисунок 1.5-Холодильник з конденсатором

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

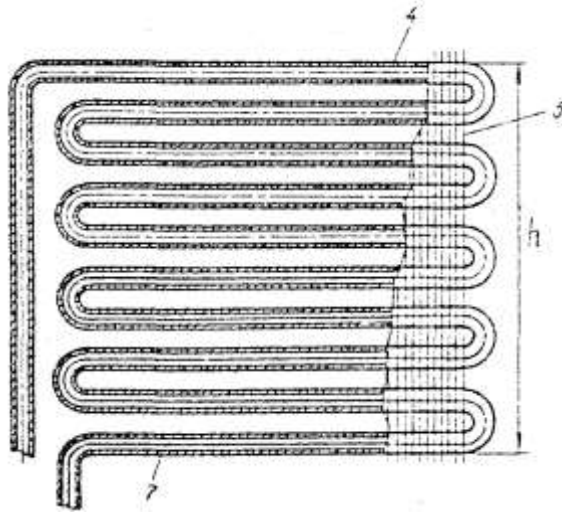


Рисунок 1.6 -Конденсатор холодильника

Відомий конденсатор [3] належить до холодильної техніки та стосується побутових і торговельних холодильників, які мають повітряні конденсатори. Пропонований конденсатор повітряного охолодження зображений на рисунку 1.7, а на рисунку 1.8 показано П-подібний кожух 1, а на рисунку 1.9 - конденсатор, у якого високовольтний електрод і теплообмінник мають однакові за формою поверхні.

Конденсатор повітряного охолодження включає захисний П-подібний кожух 1, високовольтний електрод 2, розташований між теплообмінником 3, який слугує заземленим електродом, та стінкою корпусу холодильника 5, що має зовнішнє діелектричне покриття 6, і напрямляючі 7 для кріплення електрода 2.

При виконанні конденсатора повітряного охолодження з електродами 2 і 3, що мають однакові за формою поверхні, міжелектродний простір зверху закритий сіткою 8.

При подачі напруги на електрод 2, повітря між високовольтним електродом 2 і теплообмінником 3 іонізується, і виникає повітряний потік, спрямований до теплообмінника 3, який є заземленим електродом. Повітряний потік охолоджує поверхню теплообмінника 3 і виходить у навколишнє середовище.

Таким чином, пропонується конденсатор повітряного охолодження дозволяє знизити температуру конденсації на 3-5 °С, що підвищує надійність роботи та знижує матеріаломісткість. Оскільки зниження перепаду температури в конденсаторі на 1 °С забезпечує 3-4% економії електроенергії, загальне споживання електроенергії зменшується в середньому на 15-25%.

Формула винаходу:

1. Конденсатор повітряного охолодження, переважно для побутових холодильників, містить теплообмінник, який є заземленим електродом, встановленим на стінці корпусу холодильника, високовольтний електрод та захисний кожух. Відрізняється тим, що, для підвищення ефективності охолодження і надійності роботи, високовольтний електрод розташований між теплообмінником і стінкою корпусу холодильника, причому стінка має зовнішнє діелектричне покриття, а кожух виконаний П-подібним.

2. Конденсатор, відрізняється тим, що, для зниження матеріаломісткості, поверхні високовольтного електрода і теплообмінника виконані однаковими за формою, а міжелектродний простір зверху закритий сіткою.

Мета винаходу - підвищення ефективності охолодження, надійності роботи і зниження матеріаломісткості.

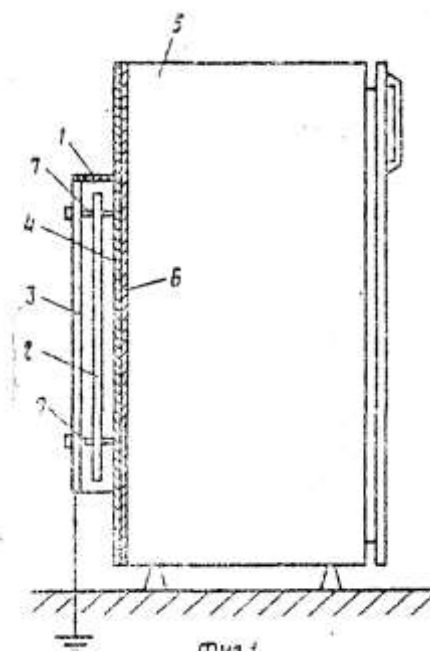


Рисунок 1.7-Конденсатор повітряного охолодження

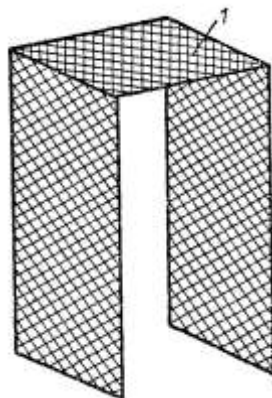


Рисунок 1.8- П-подібний кожух

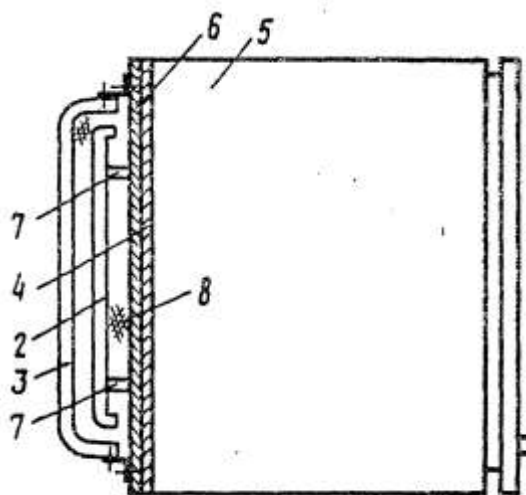


Рисунок 1.9-Конденсатор з електродом та теплообмінником

Відомий конденсатор [4] належить до холодильної техніки, а саме до конденсаторів домашніх холодильників. На рисунку 1.10 (аркуш [БРМА24.00.00.000ДО1] зображено конденсатор домашнього холодильника, а на рисунку 1.11 - розріз А-А з рисунка 1.

Конденсатор домашнього холодильника складається з трубчастого змійовика 1, до якого приварені дротяні ребра 2 з виступами 3 і 4, розташованими в різних площинах.

Під час роботи холодильника повітря нагрівається холодоагентом, що рухається по трубах змійовика 1 конденсатора, піднімається вгору і омиває ребра 2 і труби змійовика 1 конденсатора. Виступи 3 і 4 ребер збільшують обсяг повітря, що контактує з поверхнею конденсатора.

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

При своєму русі по поверхні конденсатора повітря зустрічає виступи 3 і 4, що створює завихрення і збільшує турбулентність. Розташування виступів 3 і 4 в різних площинах сприяє ще більшій турбулентності потоку та інтенсифікації теплопередачі.

Формула винаходу.

Конденсатор домашнього холодильника, що містить трубчастий змійовик з дротяними ребрами, відрізняється тим, що для інтенсифікації теплообміну ребра мають виступи, розташовані в різних площинах.

Мета винаходу - інтенсифікація теплообміну.

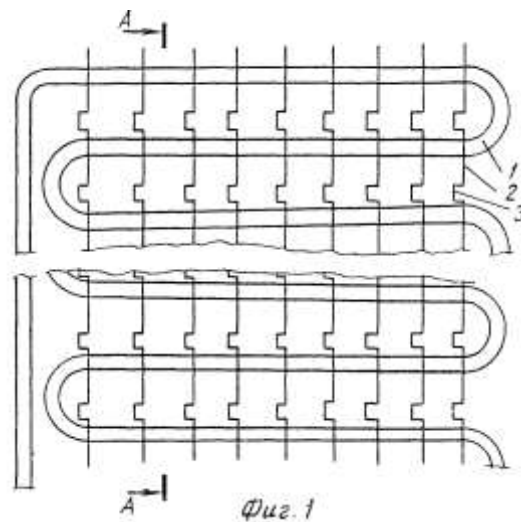


Рисунок 1.10-Конденсатор холодильника

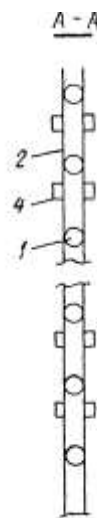


Рисунок 1.11-Переріз конденсатора

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000ПЗ

Арк.

21

Відомий конденсатор холодильної машини [5] відноситься до холодильної техніки і може використовуватися, наприклад, в кондиціонерах. Відомі конденсатори, які включають змійовик типу «труба в трубі» з внутрішньою трубою для холодоагента і зовнішньою трубою для охолоджувача.

На кресленні схематично зображений запропонований конденсатор. Конденсатор складається з змійовика, що включає зовнішню трубу 1 і внутрішню трубу 2, а також інжектор 3, який з'єднаний виносним трубопроводом 4 з внутрішньою трубою в зонах входу і виходу холодоагента, як показано на рисунку 1.12.

Пари холодоагента направляються у внутрішню трубу 2, а охолоджувач - в зовнішню трубу 1. У процесі теплообміну з охолоджувачем пари холодоагента конденсуються. Інжектор 3 через виносний трубопровід 4 підсмоктує пари холодоагента із зони конденсації в зону перегріву. Це дозволяє збивати перегрів і збільшувати масову швидкість циркуляції холодоагента в конденсаторі в межах контуру, обмеженого виносним трубопроводом.

Таким чином, наявність інжектора дозволяє зменшити теплопередачу поверхні конденсатора і підвищити його ефективність.

Формула винаходу.

Конденсатор холодильної машини, що містить змійовик типу «труба в трубі» з внутрішньою трубою для холодоагента і зовнішньою трубою для охолоджувача, який відрізняється тим, що для підвищення коефіцієнта тепловіддачі конденсатор додатково містить інжектор, встановлений у внутрішній трубі в зоні входу холодоагента і сполучений з нею виносним трубопроводом у зоні виходу холодоагента.

Метою винаходу є підвищення коефіцієнта тепловіддачі конденсатора.

Конденсатор компресійного холодильного агрегата [6] належить до холодильної техніки, зокрема до конденсаторів компресійних холодильних агрегатів.

На кресленні схематично зображено запропонований конденсатор. Він

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

включає листотрубні панелі 1 з каналами 2 для холодоагента, секції 3 гофрованих пластин, розміщені між суміжними каналами 2, і прохід 4 для охолодження повітря, як показано на рисунку 1.13.

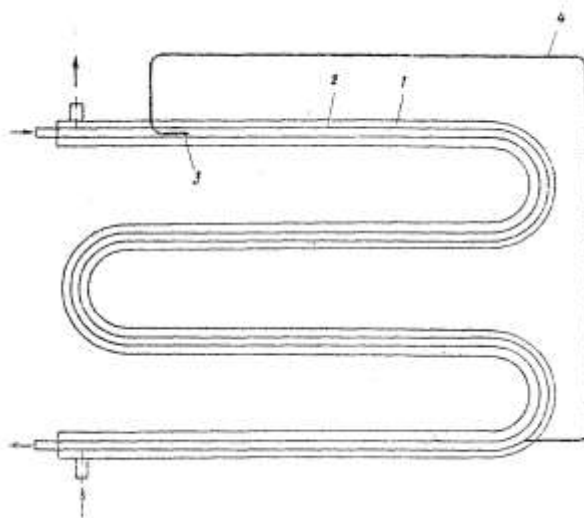


Рисунок 1.12-Конденсатор холодильника

Конденсатор працює наступним чином:

Стислі пари холодоагента надходять у канали 2 панелей 1 і конденсуються за рахунок відведення тепла навколишнім повітрям, яке продувається через секції 3 гофрованих пластин. Оскільки секції 3 розміщені на пластині 1 між суміжними каналами 2 і між ними є вільний простір, відбувається значне турбулентне перемішування охолоджуючого повітря при виході з однієї секції, що значно підвищує коефіцієнт тепловіддачі повітря.

Наявність зменшеного кроку між гофрами в суміжних гофрованих секціях 3 по ходу повітря ще більше збільшує турбулентність повітряного потоку, що також сприяє збільшенню теплового потоку від конденсуючих парів холодоагента до продуваючого повітря.

Економічна ефективність пропонованого конденсатора полягає в зниженні його матеріаломісткості та інтенсифікації процесу теплообміну між парами холодоагента і охолоджуючим повітрям.

Формула винаходу.

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Конденсатор компресійного холодильного агрегату, що містить листо-трубні панелі з каналами для холодоагента і гофровані пластини, розміщені між панелями, причому гофри розташовані перпендикулярно каналам і паралельно потоку охолоджуючого повітря, відрізняється тим, що для зниження матеріаломісткості кожна гофрована пластина виконана секційною, і кожна секція розміщена між суміжними каналами, при цьому в суміжних секціях крок між гофрами зменшується вздовж потоку повітря.

Мета винаходу - зниження матеріаломісткості.

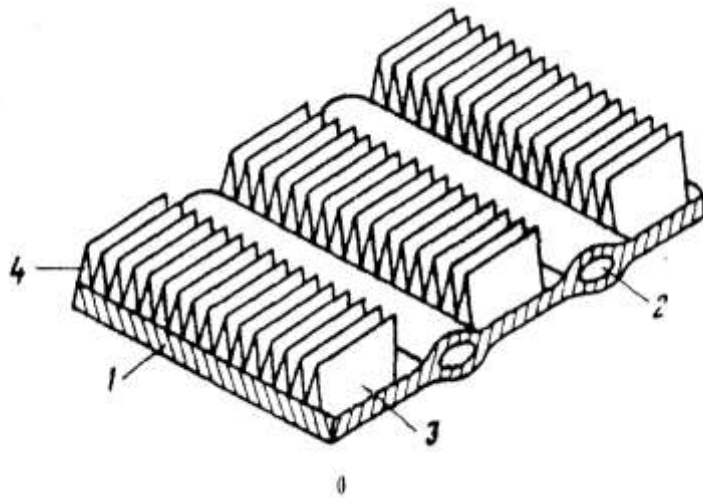


Рисунок 1.13-Конденсатор холодильного агрегату

### 1.3 Аналіз конструкції конденсаторів побутових холодильників

Конденсатор побутового холодильника [1], що включає змійовик, розміщений на стінці жалюзійного радіатора, встановленого похило до задньої стінки шафи, відрізняється тим, що для інтенсифікації теплообміну радіатор у нижній частині оснащений конфузornoю сопловою насадкою прямокутного перерізу.

Конденсатор холодильника [2], що включає трубчастий змійовик на задній стінці у вигляді послідовно з'єднаних горизонтальних витків, відрізняється тим, що для підвищення коефіцієнта тепловіддачі і зниження енергоспоживання нижні витки конденсатора, розташовані на ділянці, що становить 0,4-0,6 його

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

висоти, відігнуті від вертикальної площини в напрямку до задньої стінки холодильника, і всередину цих витків введений металевий дріт діаметром 0,2-0,4 внутрішнього діаметра змійовика.

Конденсатор повітряного охолодження [3] належить до холодильної техніки і може застосовуватися в побутових холодильниках, морозильниках і торгових холодильних машинах. Метою винаходу є підвищення ефективності охолодження і надійності в роботі.

Поставлена мета досягається завдяки тому, що конденсатор містить захисний кожух, виконаний П-подібно, високовольтний електрод, розташований між теплообмінником, що служить заземленим електродом, і стінкою корпусу холодильника, яка має зовнішнє діелектричне покриття, а також направляючі для кріплення електрода і теплообмінника. Виконання конденсатора повітряного охолодження з електродом і теплообмінником, що мають однакові за формою поверхні, забезпечує виникнення електричного вітру, що охолоджує поверхню теплообмінника, а повітряний потік виходить в навколишнє середовище.

Конденсатор домашнього холодильника [4], винахід належить до холодильної техніки, зокрема до конденсаторів домашніх холодильників. Метою винаходу є інтенсифікація теплообміну. Під час роботи холодильника повітря, нагріте холодоагентом, що рухається по трубах змійовика конденсатора, підіймається вгору, омиваючи ребра і труби змійовика. Виступи ребер конденсатора, розташовані в різних площинах, збільшують обсяг повітря, що контактує з поверхнею конденсатора, і створюють турбулентність повітряного потоку.

Відомий конденсатор холодильної машини [5], винахід належить до холодильної техніки і може використовуватися, наприклад, у кондиціонерах. Відомі конденсатори, які містять змійовик типу «труба в трубі» з внутрішньою трубою для холодоагента і зовнішньою трубою для охолоджувача.

Метою винаходу є підвищення коефіцієнта тепловіддачі конденсатора. Це досягається завдяки тому, що конденсатор додатково містить інжектор,

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

встановлений у внутрішній трубі в зоні входу холодоагента і сполучений з нею виносним трубопроводом у зоні виходу холодоагента.

На кресленні схематично зображений запропонований конденсатор. Конденсатор включає змійовик, що складається з зовнішньої труби і внутрішньої труби, та інжектор, який з'єднаний виносним трубопроводом з внутрішньою трубою в зонах входу і виходу холодоагента.

Конденсатор компресійного холодильного агрегату [6] належить до холодильної техніки, зокрема до конденсаторів компресійних холодильних агрегатів. Відомі конденсатори цього типу містять листотрубні панелі з каналами для холодоагента і гофровані пластини, розташовані між панелями, причому гофри розміщені перпендикулярно каналам і паралельно потоку охолоджуючого повітря.

Недоліком відомих конденсаторів є їх висока металоємність через низький коефіцієнт тепловіддачі з боку охолоджуючого повітря. Зазначена мета досягається завдяки тому, що кожна гофрована пластина виконана секційно, і кожна секція розміщена між суміжними каналами, причому в суміжних секціях крок між гофрами зменшується вздовж потоку повітря.

#### 1.4 Патентний огляд випарника холодильника

Даний винахід відноситься до холодильної техніки [7], а саме до випарника для холодильника, і спрямований на поліпшення експлуатаційних характеристик холодильника шляхом швидкого та економічного відтавання випарника.

Випарник містить корпус 1 з контуром каналів 2 для циркуляції холодоагента та додатковим замкнутим контуром каналу 3 із зонами випаровування та конденсації. Зони випаровування каналів 3 об'єднані в колектор 4, на якому встановлений нагрівач 5. Канали 3 забезпечені капілярною

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

структурою 6 і частково заповнені теплоносієм, наприклад, фреоном, як зображено на рисунку 1.14 (аркуш [БРМА24.00.00.000ДО2]).

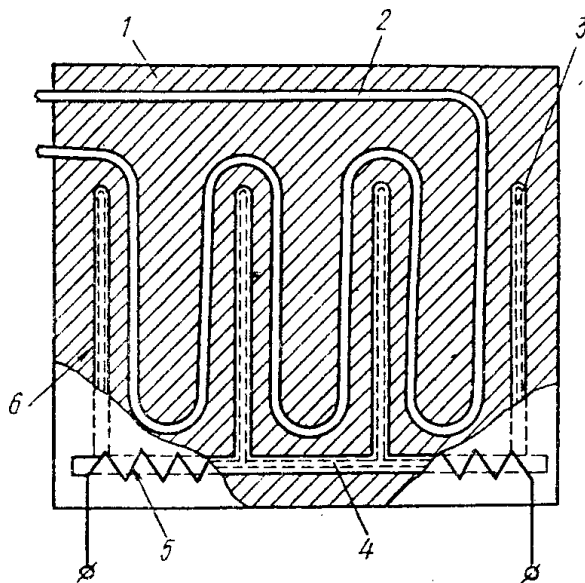


Рисунок 1.14- Випарник холодильного агрегату

Випарник працює наступним чином. У режимі охолодження холодоагент впорскується в канали 2 циркуляційного контуру. На внутрішній поверхні каналів 2 утворюється плівка рідкого холодоагента, яка випаровується, поглинаючи тепло від охолоджуваного тіла. Температура корпусу 1 випарника в зоні каналів 2 знижується. Ділянки додаткових каналів 3, розташовані поруч з каналами 2, також охолоджуються, створюючи градієнт температур між холодними ділянками, близькими до каналів 2, та теплішими, віддаленими ділянками.

Вирівнювання температури в каналах 3 здійснюється завдяки випарно-конденсаційному циклу. Повернення теплоносія відбувається за допомогою гравітаційних сил, якщо зона конденсації розташована вище зони випаровування (канали виконані у вигляді термосифонів), або за допомогою капілярних сил, якщо в каналах 3 є капілярна структура 6. Ділянки каналів 3, прилеглі до холодних каналів 2, є зонами конденсації, а віддалені (тепліші) ділянки - зонами випаровування.

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Об'єднання зон випаровування в колектор 4 сприяє вирівнюванню температури по поверхні корпусу, оскільки канали 2 циркуляційного контуру можуть мати різну ефективність через відмінності в геометричній формі.

Наявність нагрівача 5 на колекторі 4 зон випаровування каналів 3 не знижує ефективності роботи випарника в режимі охолодження, оскільки площа, зайнята нагрівачем, незначна. Додаткові канали 3 підвищують ізотермічність випарника і спрощують геометричну форму каналів 2, що робить випарник більш ефективним.

У режимі відтавання контур каналів 2 циркуляції холодоагента вимкнений (холодоагент не надходить). Теплообміну між корпусом 1 випарника і навколишнім середовищем перешкоджає шар льоду чи інею, тому температурний градієнт уздовж каналів 3 відсутній. При включенні нагрівача 5 температура в колекторі 4 (зони випаровування каналів 3) підвищується, що створює температурний градієнт уздовж каналів 3 між зонами випаровування і конденсації. Тепло від нагрівача 5 передається корпусу 1 через канали 3.

Розташування зон конденсації каналів 3 поблизу циркуляційних каналів 2 сприяє випаровуванню залишкового теплоносія в останніх і швидкому їх прогріванню. Наявність ряду каналів 3 у вигляді теплових труб на корпусі 1 випарника дозволяє отримати більш рівномірну температуру, запобігти можливому перегріву в місці розташування нагрівача завдяки підвищеній теплопровідності корпусу, і тим самим забезпечити високу економічність випарника.

Тепло, що генерується нагрівачем 5, спрямовується на розігрів корпусу 1 випарника до температури, що перевищує температуру танення льоду, а також на танення шару льоду, що контактує з корпусом. У цьому випадку лід легко відділяється від випарника, і обсяг холодильника не нагрівається.

У випарнику в зонах випаровування каналів додаткового контуру, об'єднаного в єдиний колектор, встановлено нагрівач. Це дозволяє використовувати канали додаткового контуру для розігрівання корпусу

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

випарника в режимі відтавання, що покращує експлуатаційні характеристики холодильника, прискорює процес відтавання і підвищує економічність. Оскільки вся енергія нагрівача спрямовується на танення льоду, що контактує з корпусом випарника, і не підвищує температуру вільного об'єму холодильника, час роботи нагрівача скорочується. Для відтавання і наступного охолодження холодильника потрібно на 10-12% менше енергії.

Об'єднання зон випаровування каналів додаткового контуру в колектор забезпечує більш рівномірний прогрів корпусу, а отже, покращує експлуатаційні характеристики холодильника.

Формула винаходу:

Випарник, що містить корпус з контуром каналів для циркуляції холодоагента і нагрівач для відтавання, відрізняється тим, що, з метою підвищення економічності та поліпшення експлуатаційних характеристик, корпус забезпечений додатковим замкнутим контуром каналів із зонами випаровування і конденсації. Зони конденсації каналів розташовані по всій поверхні корпусу між каналами контуру циркуляції холодоагента, зони випаровування розташовані на периферії корпусу і об'єднані в колектор, а нагрівач встановлений на колекторі.

Мета винаходу - підвищення економічності та поліпшення експлуатаційних характеристик холодильника.

Даний винахід належить до холодильної техніки і може використовуватися, наприклад, у холодильних машинах малої продуктивності [8]. Випарник, загальний вигляд та розгортка якого представлені на рисунку 1.15.

Випарник, виконаний у вигляді С-подібної пластини, містить верхню 1, нижню 2 горизонтальні та вертикальну 3 площини, змійовик 4, вхідний канал 5, вихідний канал 6, у якому встановлений вивідний патрубков 7, паровідбірник 8, виконані у вигляді системи паралельних каналів. Канали приєднані нижніми кінцями до горизонтальних ділянок змійовика 4, розташованих на вертикальній

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поверхні 3 пластини, а верхніми кінцями об'єднані в загальний паровий колектор 9, який з'єднаний зі змієвиком 4 на нижній пластині 2 і підключений до вихідного каналу 6.

Вивідний патрубок 7 встановлений поблизу поверхонь 2 і 3 випарника, причому його вхідна ділянка розташована під площиною 2, а вихідна - над цією площиною.

Випарник працює наступним чином. Холодоагент подається через вхідний канал 5 у змієвик 4 і далі у вихідний канал 6. Утворені пари холодоагента через паровідбірник відводяться в загальний паровий колектор 9. Потраплянню рідкого холодоагента в картер компресора запобігає вивідний патрубок 1.

Техніко-економічна ефективність використання випарника полягає у зниженні експлуатаційних витрат холодильної установки за рахунок зменшення гідравлічних втрат та підвищення інтенсивності теплопередачі.

Формула винаходу.

Випарник, переважно для домашніх холодильників, виконаний у вигляді П-подібної пластини зі змієвиком для холодоагента, до якого підключені паровідбірники, відрізняється тим, що з метою підвищення термодинамічної ефективності, паровідбірники виконані у вигляді системи паралельних каналів, приєднаних нижніми кінцями до горизонтальних ділянок змієвика, розташованих на вертикальній поверхні пластини, а верхніми кінцями об'єднані в загальний паровий колектор, з'єднаний зі змієвиком на його вихідній ділянці, розташованій на нижній горизонтальній площині пластини.

Мета винаходу - підвищення термодинамічної ефективності випарника.

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

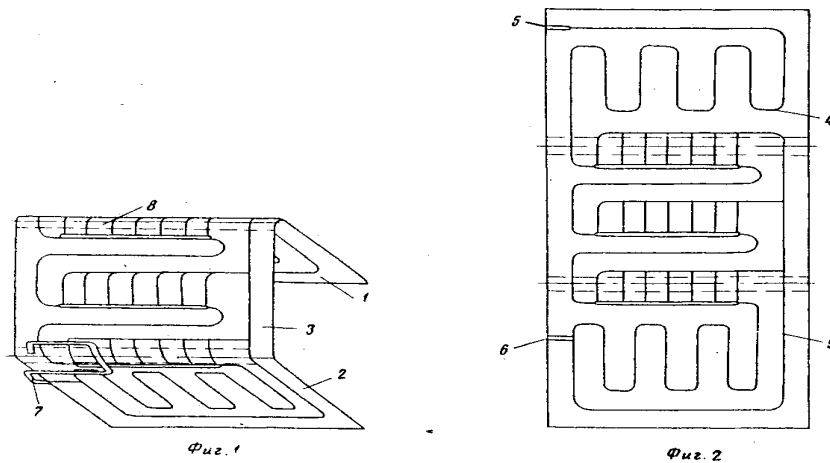


Рисунок 1.15-Загальний вигляд та розгортка випарника

Відомий винахід [9] належить до області холодильного обладнання, зокрема до випарників побутових компресійних холодильників.

Пропонований випарник схематично зображений на рисунку 1.16, загальний вигляд в аксонометрії; на рисунку 1.16 - розріз А-А.

Випарник побутового компресійного холодильника містить листовий корпус 1 з каналами 2 в його стінках для циркуляції холодоагента і пристосування для кріплення трубчастого датчика 3 термостата, яке включає відкритий з одного кінця канал 4, виконаний у стінці корпусу 1, пластмасову втулку 5 і пробку 6, наприклад, з полівінілхлориду.

Установка датчика 3 термостата на стінку корпусу 1 випарника здійснюється таким чином. На трубчастий датчик 3 надягають втулку 5 і пробку 6, потім кінець датчика 3 з втулкою 5 поміщають в канал 4 і пробкою 6 герметизують вихід трубки датчика 3 з каналу 4. Пропонована конструкція випарника дозволяє знизити трудомісткість кріплення датчика 3 до корпусу 1 у 2 - 2,5 рази порівняно з відомими конструкціями, виключаючи застосування кріпильних скоб і гвинтів. Розміщення датчика 3 термостата в масі корпусу 1 випарника забезпечує поверхневий контакт в місці кріплення і сприяє зниженню енергоспоживання холодильником на 1,5 - 2,0% завдяки запобіганню впливу теплопритоків з внутрішнього об'єму камери холодильника на датчик 3.

Мета винаходу - підвищення надійності в роботі і зниження трудомісткості виготовлення.

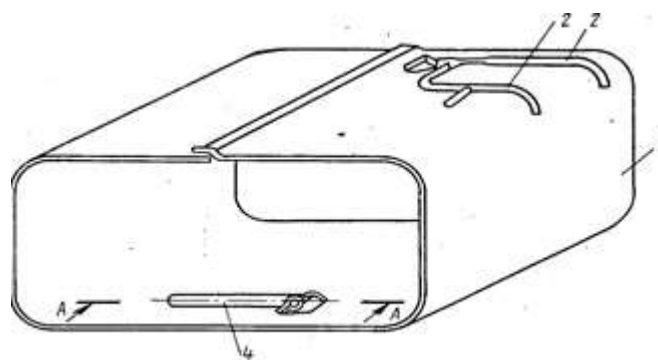


Рисунок 1.16- Випарник побутового холодильника

На рисунку 1.17 наведено трубчатий датчик термостата

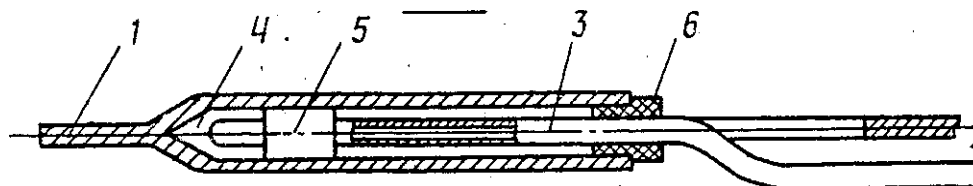


Рисунок 1.17- Трубчатий датчик термостата

#### 1.4 Аналіз конструкції випарників побутових холодильників

Випарник для холодильника [7], що включає корпус 1 з контуром каналів 2 для циркуляції холодоагента і нагрівач 5 для відтавання. Корпус 1 обладнаний додатковим замкнутим контуром каналів 3 із зонами випаровування та конденсації. Зони конденсації каналів розташовані по всій поверхні корпусу між каналами циркуляції холодоагента, зони випаровування знаходяться на периферії корпусу і об'єднані в колектор 4, на якому встановлено нагрівач 5.

Відомий випарник [8], переважно для домашніх холодильників, виконаний у вигляді С-подібної пластини зі змійовиком для холодоагента, до якого приєднані паровідбирачі. Недоліком відомих пристроїв є те, що киплячий

холодоагент і випаровуваний пар рухаються по змійовику в одному потоці, що знижує ефективність теплообмінних процесів.

Для цього паровідбирачі виконані у вигляді системи паралельних каналів, під'єднаних нижніми кінцями до горизонтальних ділянок змійовика, розташованих на вертикальній поверхні пластини, а верхніми кінцями з'єднані в загальний паровий колектор, який підключений до змійовика на його вихідній ділянці, розташованій на нижній горизонтальній площині пластини.

Випарник побутового холодильника [9] містить листовий корпус з каналами в його стінках для циркуляції холодоагента і кріплення трубчастого датчика термостата до стінки корпусу з забезпеченням теплового контакту між ними. Відрізняється тим, що, з метою підвищення надійності в роботі і зниження трудомісткості виготовлення, пристосування для кріплення трубчастого датчика термостата виконано у вигляді відкритого з одного кінця каналу в стінці корпусу випарника і встановлюється в каналі разом з трубчастим датчиком термостата пластмасова втулка і пробка для герметизації порожнини каналу.

## 1.6 Електрична схема холодильника

Електрична схема забезпечує роботу холодильника в повністю автоматичному режимі. При замиканні ланцюга терморегулятора Тн1 напруга подається на контакти 2-3 таймера Тім, через які струм проходить в електроланцюг компресора С01, електродвигуна вентилятора МV та електродвигуна таймера М.

Компресор забезпечує циркуляцію холодоагента в системі холодильного агрегату і зниження температури випарників МК і ХК.

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

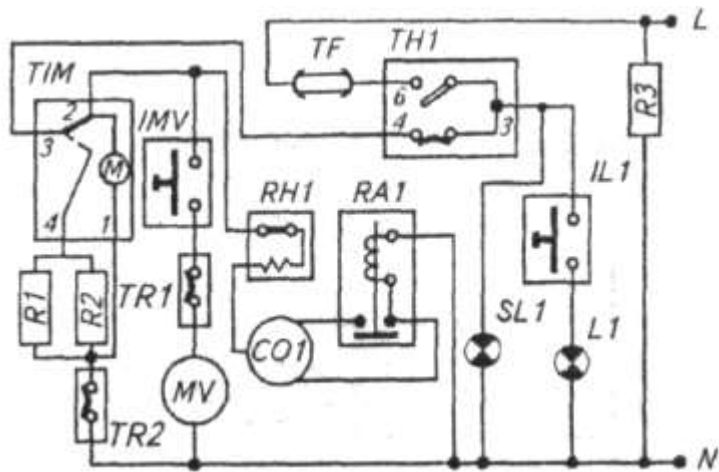


Рисунок 1.18 - Електрична схема холодильника

На рисунку 1.18 показано: L - мережа; N - нейтральна фаза; Th1 - терморегулятор холодильного відділення; Rh1 - теплове реле компресора; Ra1 - пускове реле компресора; SL1 - сигнальна лампа мережі; IL1 - вимикач лампи; L1 - лампа холодильного відділення; Tr1 - теплове реле включення вентилятора; Tr2 - теплове реле електронагрівача випарника; IMV - вимикач вентилятора; MV - електродвигун вентилятора; R1 - електронагрівач піддону випарника; R2 - електронагрівач випарника; TU - тепловий плавкий запобіжник; Co1 - компресор; R3 - протиконденсатний електронагрівач; M - електродвигун таймера; TIM - таймер.

При зниженні температури випарника МК до  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  реле Tr1 (сповільнювач обертання крильчатки вентилятора), закріплене на випарнику, включає електродвигун вентилятора, який обдуває ребристий випарник і подає повітря в МК. Теплове реле Tr2 також замикається, забезпечуючи включення електродвигуна M таймера, який починає відлік часу роботи компресора.

Таймер TIM через певний проміжок часу роботи компресора (8-10 годин) відключає електродвигуни компресора, вентилятора і таймера, а також включає електронагрівальні елементи R2 (для відтавання випарника) і R1 (для нагрівання піддону випарника). Якщо контакти терморегулятора Th1 замкнуті, відбувається процес відтавання шару інею з випарника МК. Коли випарник досягає

температури 10 °С, реле Tr2 відключає електронагрівальні елементи R1 і R2 та забезпечує роботу електродвигуна таймера через електричний ланцюг Th1, TIM, R2, M, Rh1, Co1, Ra1. Контакти таймера перемикаються, при цьому відключаються нагрівальні елементи R1 і R2 та включаються ланцюги електродвигунів компресора, вентилятора і таймера. Контакти реле Tr1 і Tr2 розімкнені. Починається охолодження випарника МК, і через деякий час реле Tr1 активує електродвигун вентилятора. При відкритті дверей МК вимикач ІМV відключає вентилятор.

Якщо з якоїсь причини температура випарника МК досягає 60 °С, розплавляється термозапобіжник TF, розташований в одному корпусі з тепловим реле електронагрівача випарника Tr2, і вся електрична схема, що забезпечує роботу холодильного агрегату, відключається, за винятком R3 (нагрівач перегородки ХК і відділення для зберігання фруктів і овочів).

Протиконденсатний електронагрівач 14, який запобігає утворенню конденсату, постійно прогріває поперечину між холодильною камерою і висувною камерою для зберігання фруктів і овочів.

## 1.7 Висновки до першого розділу

В цьому розділі проводиться огляд та аналіз технічних та технологічних рішень в області холодильної техніки. Здійснюється аналіз побутових холодильників, конструкцій конденсаторів та випарників холодильної техніки. Проводиться патентний огляд конденсаторів та випарників.

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

## 2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ КОМПРЕСІЙНОГО ХОЛОДИЛЬНИКА З УДОСКОНАЛЕНИМ ХОЛОДИЛЬНИМ АГРЕГАТОМ

### 2.1 Розробка конденсатора побутового холодильника

У сучасних умовах проблема енергозбереження є надзвичайно актуальною, тому пропонується використовувати конденсатор, який знижує витрати електроенергії холодильника. Цей конденсатор призначений для використання в холодильній техніці і може бути застосований у побутових та торгових холодильниках при їх масовому виробництві.

Розроблений конденсатор разом із холодильним шафою зображений на рисунку 2.1. На рисунку 2.2 представлена гідродинамічна схема конвективного теплообміну, а на рисунку 2.3 показано елемент взаємного розташування жалюзі конденсатора.

Побутовий холодильник включає шафу 1, що складається з внутрішнього корпусу 2, зовнішнього корпусу 3 та теплоізоляції 4 між ними, а також двері 5. Конденсатор холодильника складається з лівої частини 6 і правої частини 7, які розведені між собою під кутом 5-15° з розкриттям догори. Права частина 7 встановлена паралельно або під нахилом до задньої стінки шафи 1.

Обидві частини конденсатора мають зміювик 8, з'єднаний з жалюзійним радіатором 9, на якому виконані просічки 10. На задній стінці зовнішнього корпусу 3 встановлені кронштейни 11 і 12, які з'єднані з втулками 13 і 14 різної довжини. Компресор 15 розташований у нижній частині холодильника.

Циркуляція повітря для охолодження компресора 15 забезпечується через прохідний простір 17.

Процес конвективного теплообміну відбувається таким чином: нагріте повітря від компресора 15 піднімається уздовж задньої стінки зовнішнього корпусу 3. Через прохідний простір 17 проходить холодне повітря з приміщення, охолоджуючи компресор 15. Тепле повітря з простору 16, піднімаючись уздовж

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

задньої стінки шафи, частково охолоджується при змішуванні з холодним повітрям приміщення. Потім частково охолоджене повітря потрапляє як у простір між задньою стінкою шафи 1 холодильника і лівою частиною 6 конденсатора, так і в щілину між лівою частиною 6 і правою частиною 7 конденсатора. Просічки 10 в лівій частині 6 конденсатора відігнуті в ліву сторону, а аналогічні просічки 10 у правій частині 7 конденсатора – в протилежну сторону.

Конденсатор побутового холодильника, який містить змійовик, прикріплений до стінки жалюзійного радіатора, встановленого на задній стінці холодильника, відрізняється тим, що для зниження витрат електроенергії радіатор виготовлений з двох частин із жалюзі, що мають протилежний кут нахилу. При цьому одна частина радіатора встановлена паралельно або з нахилом до задньої стінки холодильника, а друга розташована під кутом 5-15° до останньої.

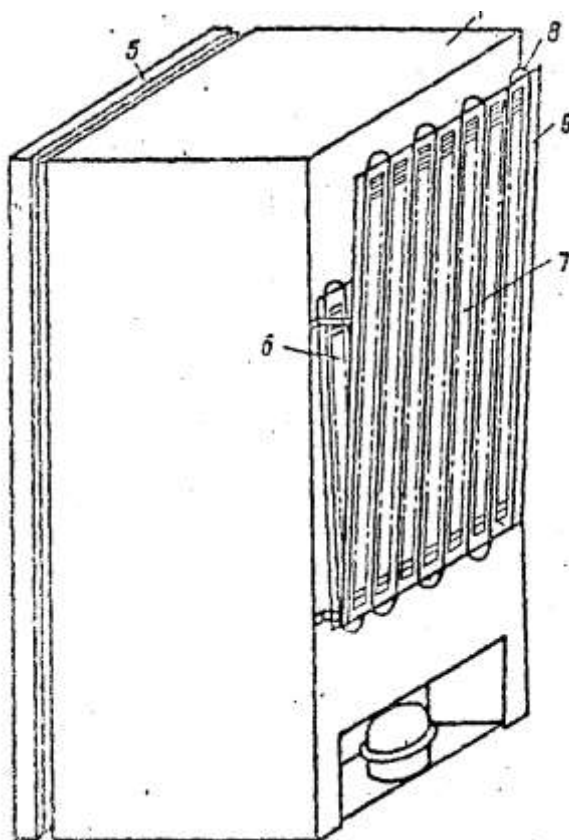


Рисунок 2.1- Загальний вигляд холодильника

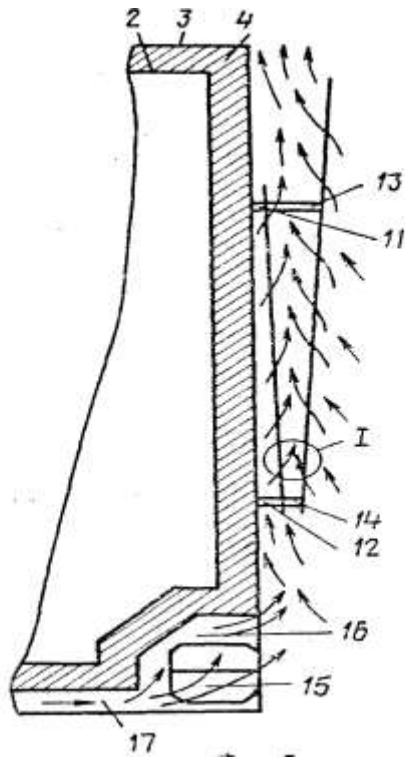


Рисунок 2.2-Потік повітря через конденсатор

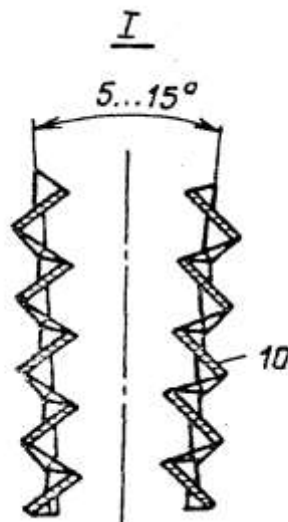


Рисунок 2.3-Елемент взаємного розміщення жалюзей конденсатора

## 2.2 Розробка випарника побутового холодильника

У сучасний час споживачі при покупці побутової техніки звертають увагу на її характеристики, тому запропоновано використати випарник з підвищеною

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

інтенсифікацією теплообміну. Такий випарник належить до холодильного обладнання, а саме до прокатно-зварного випарника для холодильних пристроїв переважно побутового призначення.

Плоский прокатно-зварний випарник схематично зображений на рисунку 2.4, призначений для роботи в горизонтальному положенні. На рисунку 2.5 представлено С-подібний прокатно-зварний випарник, його загальний вигляд і розгортка.

Принцип роботи випарника наступний.

Рідкий холодоагент надходить у горизонтально розміщений випарник 1 через канал 2. Рухаючись по каналу, холодоагент кипить, здійснюючи охолоджувальну дію, при цьому його пароутримання збільшується. У криволінійному каналі 3, завдяки відцентровим силам, рідкий холодоагент переміщується до периферії каналу 3 і далі подається в канал 4, а пар через пароутборні канали 5 відсмоктується в паровий колектор 6. Відпрацьований холодоагент відводиться з випарника 1 через канал 7, що з'єднує паровий колектор 6 і канал 4. Аналогічні процеси відбуваються в С-подібному випарнику, схематично зображеному на рисунку 2.5.

Така конструкція прокатно-зварного випарника забезпечує високу термодинамічну ефективність за рахунок розділення потоків холодоагента на рідину і пар, що дозволяє знизити питомі енерговитрати на отримання штучного холоду.

Прокатно-зварний випарник, переважно для домашніх холодильників, який містить паровий колектор і канали для циркуляції холодоагента, відрізняється тим, що, з метою інтенсифікації теплообміну, принаймні один з каналів для циркуляції холодоагента, розташований у горизонтальній площині, виконаний U-подібним, а паровий колектор з'єднаний з цим каналом з боку вигнутості останнього.

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

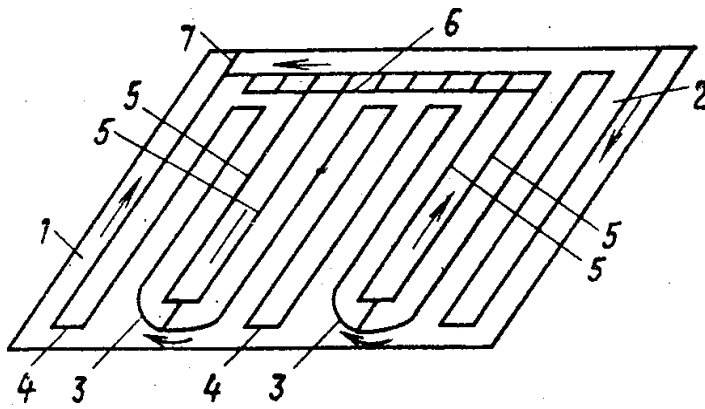


Рисунок 2.4-Випарник холодильника

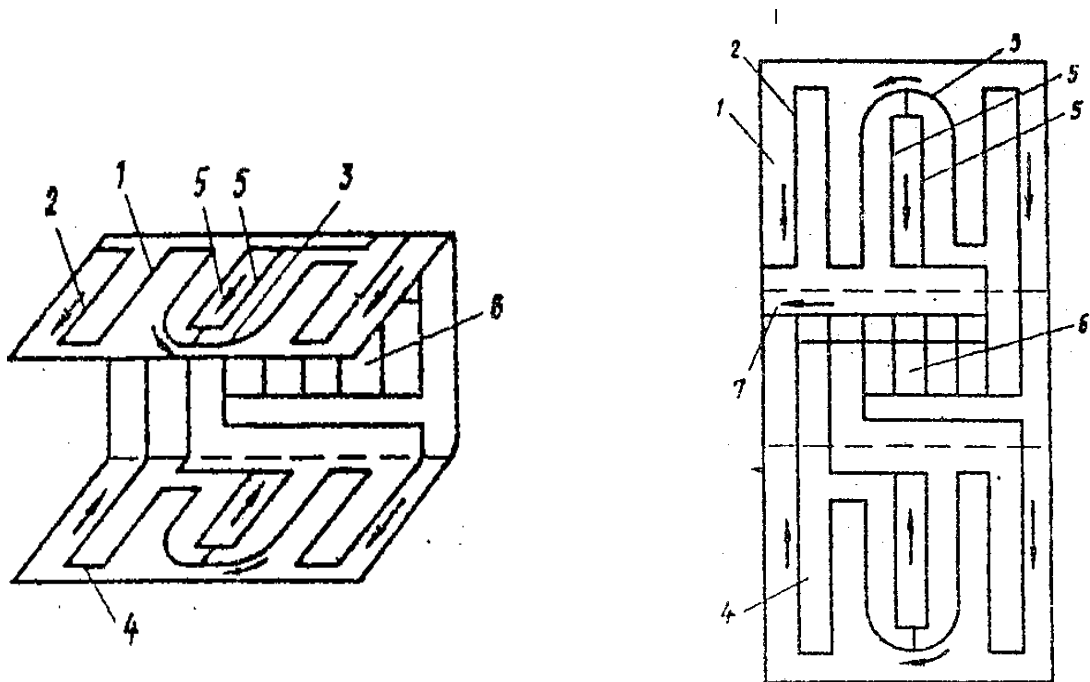


Рисунок 2.5- С-подібний випарник

### 2.3 Розробка конструкцій холодильників з удосконаленим холодильним агрегатом

На основі запропонованих конструкцій конденсатора та випарника було розроблено конструкції холодильників з удосконаленим холодильним агрегатом.

Ці конструкції наведені на рисунку 2.6 та аркушах [БРМА24.00.00.000ГК], [БРМА24.00.00.000ВЗ].

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000ПЗ

Арк.

40

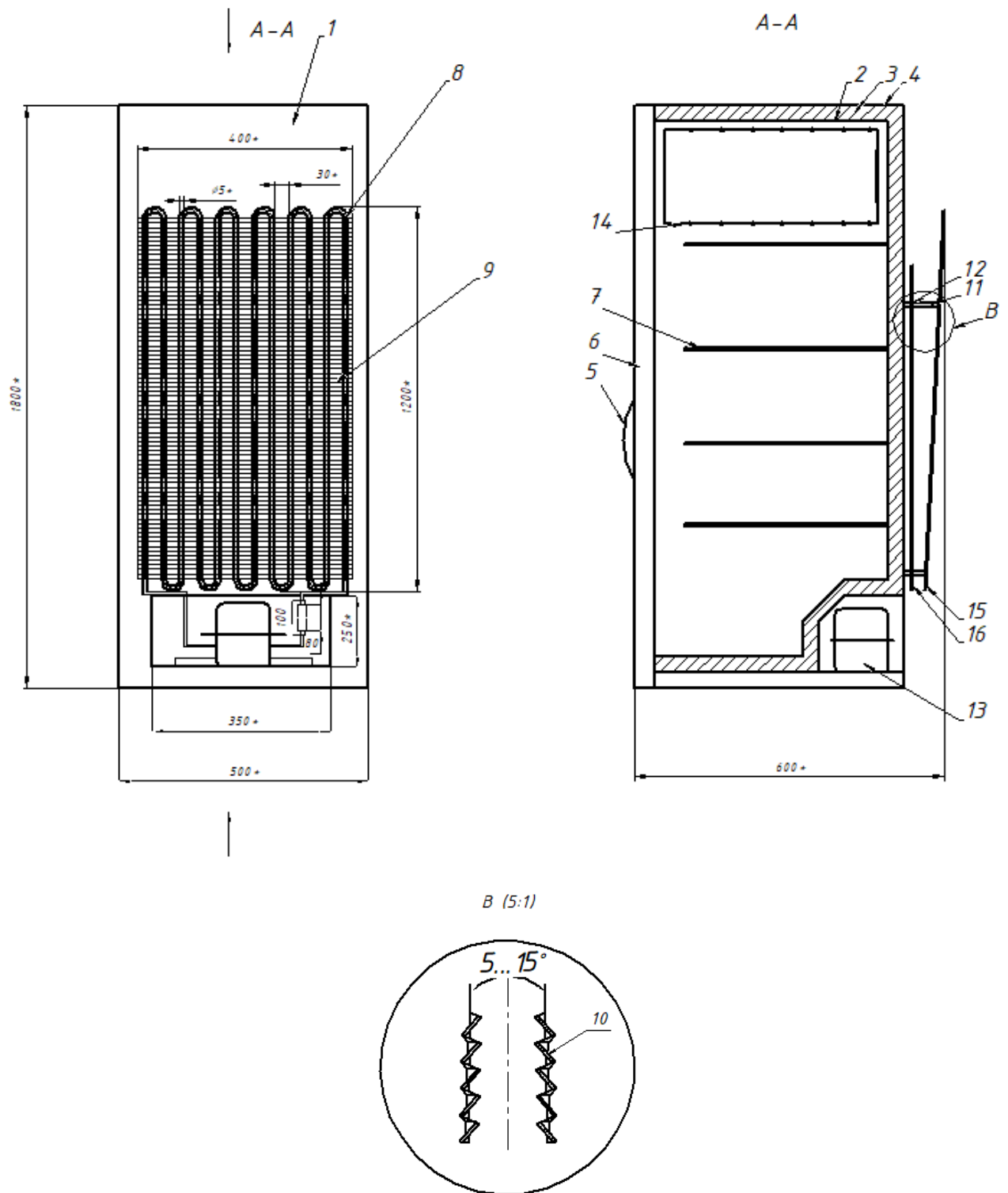


Рисунок 2.6 – Конструкція однокамерного холодильника з удосконаленим холодильним агрегатом

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000ПЗ

Арк.

41

## 2.4 Електронне керування побутовим холодильником

Основний принцип дії пристрою наступний: холодильник повинен вмикатися і вимикатися на основі даних, що відображаються на інформаційному табло. Крім того, має бути можливість оперативно змінювати режим вмикання та вимикання. Наприклад, коли на табло відображається значення температури 08, холодильник вмикається. Показники температури можуть коливатися в певних межах, доки температура не знизиться до 04, після чого холодильник вимикається. Після цього показники температури можуть знову коливатися, і коли вони досягають 08, цикл повторюється.

Принцип роботи схеми такий (рис.2.7): паралельно індикатору (одиниці) підключається перший блок схеми, що складається з транзисторних ключів та резисторів. Основне завдання цього блоку - перетворити негативну керуючу напругу на позитивну, придатну для роботи логічної схеми. Далі сигнали з колекторів транзисторів типу кт361 або кт3107 розділяються на дві симетричні схеми на 155ЛА2 і ряд ключів (KEY-1, KEY-2) та одночасно надходять на 6 інверторів на базі 155ЛН1 і 1 інвертор на 155ЛА3. Використання інверторів обумовлено необхідністю забезпечити точне визначення відображеної цифри на табло. Ті сегменти, які не повинні світитися в потрібній цифрі, необхідно інвертувати, щоб отримати логічну 1. Як тільки на мікросхемі 155ЛА2 всі 6 входів отримують логічну 1, на виході з'явиться логічний 0. Якщо хоча б один із 6 входів матиме 0, на виході буде 1.

Для вибору потрібної цифри під час налаштування я використовував ключі-jumpers від комп'ютерних плат, зокрема від SoundBlaster, випаявши лінійку джамперів, які використовувалися для підключення зовнішнього SCSI пристрою. На мікросхему 155ЛА2, яка виконує функцію виключення, на 12 ніжку подається сигнал 1 тільки тоді, коли на індикаторі десятки випадає 0. Це зроблено для запобігання помилковим вимиканням холодильника після тривалої його не роботи, наприклад, через відсутність мережного живлення. Наприклад,

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Транзистор кт815 можна замінити на аналогічний з достатнім струмом у колекторі. Реле Р1 повинно мати досить потужні контакти. Мікросхеми можна використовувати будь-якої серії 155, 561, 555, головне не переплутати логічні задачі. Для додаткової стабілізації живлення 5V я використав аналог 7805CV.

## 2.5 Система проти намерзання холодильника

Мільйони наших співвітчизників досі користуються холодильниками, виготовленими ще за радянських часів. Ці економічні, довговічні та невибагливі до коливань живильної мережі апарати служать на кухні протягом багатьох десятиліть, часто обслуговуючи кілька поколінь однієї сім'ї. Справді, є чим пишатися: споживана потужність всього 120 Вт, а максимальна дорівнює 195 Вт, при цьому температура у випарнику стабільно підтримується на рівні  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Загальний корисний об'єм варіюється від 160 до 300  $\text{дм}^3$ , а обсяг низькотемпературного відділення – від 16 до 45  $\text{дм}^3$ . Здавалося б, усе добре, проте один параметр затьмарює експлуатацію цих апаратів – необхідність регулярного розморожування морозильної камери кожні два місяці, що є значною незручністю, адже сучасні холодильники цієї процедури не потребують. Однак ця перевага сучасних моделей дається користувачу високою ціною: споживана потужність від мережі 220 В в середньому становить 1200-2000 Вт, та й сама вартість таких апаратів у кілька разів вища за вітчизняні аналоги, що є подвійним фінансовим тягарем для користувача.

На рисунку 2.8 наведено опис простого електронного пристрою для холодильника, який дозволить позбутися процедури розморожування морозильника у вітчизняних моделях, зберігаючи інші їхні технічні переваги. Це позбавить користувача від ситуації, коли холодильник 10 місяців працює, а 2 місяці стоїть у режимі розморожування.

Напруга мережі 220 В подається на схему управління з розетки, розташованої в самому холодильнику. При замиканні вимикача S1 напруга

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

потрапляє на первинну обмотку трансформатора T1, з вторинної - на випрямляч VD1, де вона випрямляється, згладжується конденсатором C2 і стабілізується на рівні 12 В стабілітронів VD3. Далі ця напруга подається на генератор напруги, зібраний на транзисторі VT1. Через датчик інею C8, який встановлюється в морозильній камері, напруга подається на підсилювач на транзисторі VT2.

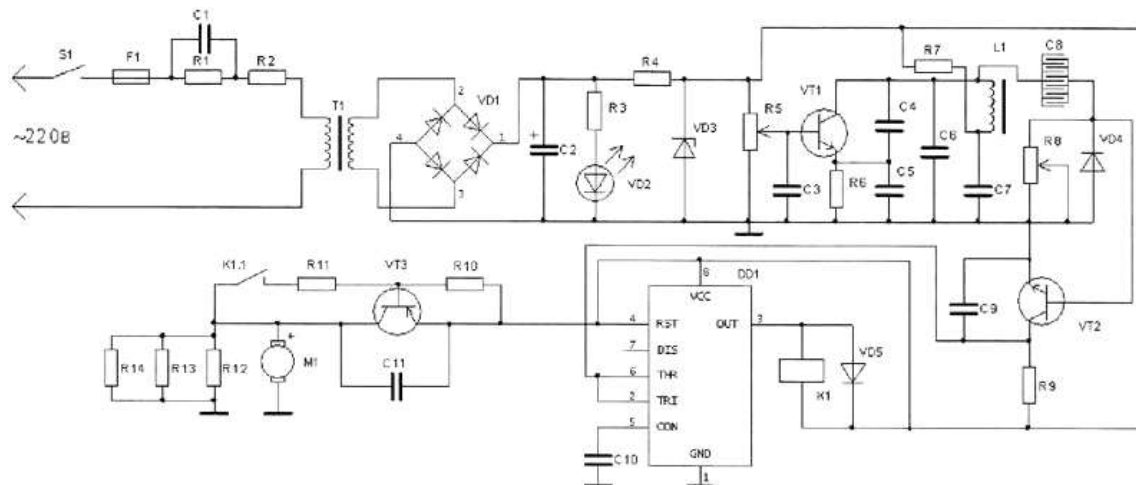


Рисунок 2.8 - Принципова схема системи проти намерзання холодильника

Ідея полягає в тому, щоб в залежності від шару інею в морозильній камері передати на підсилювач рівень напруги, здатний переключити таймер DD1 і спрацювати реле K1, яке своїми контактами K1.1 відкріє потужний транзистор VT3, а він, у свою чергу, включить електродвигун вентилятора M1 і подасть напругу на резистори R12-R14, що виконують функцію нагрівачів.

Коли холодильник включається в роботу, на стінках морозильної камери поступово з'являється обмерзання у вигляді інею, яке згодом перетворюється на товстий шар снігу, відомий як «шуба». Завданням цієї схеми є контроль рівня певної товщини початкового шару інею на стінках морозильної камери, а в разі його надлишку включення нагрівача, тепло від якого по всій морозильній камері поширюється за допомогою мікровентилятора. Надлишок інею розчиняється, а

контрольований шар інею залишається на колишньому рівні. Таким чином, «шуба» не утворюється, і розморожування не потрібно.

Важливими моментами є правильна установка ємнісного датчика інею С8 і підбір струму нагрівачів з урахуванням того, що розміри морозильної камери у різних холодильників різні, а отже, потрібна різна інтенсивність прогрівання. Морозильні камери виготовляють з дюралюмінію, який має гарну теплопровідність, тому важливо правильно встановити вентилятор, який через пластмасовий розтруб направляє прогріте повітря на метал морозильної камери. Під впливом теплого повітря надлишок інею розчиняється, потім електродвигун вимикається, і система переходить у «черговий режим» в очікуванні приросту шару інею.

Для підтримки шару інею на потрібній товщині достатня температура обдуву в межах +10 - +20 °С, так як температура всередині морозильної камери знаходиться на рівні -12 °С, отже, енергоспоживання системи управління незначне. Для захисту схеми від перенапруг використовуються діоди VD4 і VD5. Увімкнений стан схеми відображає світлодіод зеленого кольору VD2.

#### Конструкція.

При створенні подібних конструкцій слід враховувати зручність експлуатації даного пристрою разом з основним виробом. У цьому випадку вся схема розміщується в пластмасовій коробці разом з електродвигуном вентилятора, на якому встановлений звужуючий пластмасовий розтруб для подачі підігрітого повітря на корпус випарника. У горловині розтруба розташовані нагрівальні елементи (резистори), потужність яких залежить від площі випарника конкретного холодильника. Крім того, розтруб повинен мати можливість зміщуватися в горизонтальній площині для регулювання потоку підігрітого повітря до місця нагріву випарника точково або під кутом. Це впливає на час нагрівання всієї площі випарника і, як наслідок, загальний ефект регулювання товщини інею на випарнику.

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Слід підкреслити, що правильна установка розтруба нагрівача (відстань горловини розтруба від поверхні випарника, а також правильний кут атаки щодо площини випарника) є визначальною, оскільки неправильна установка може призвести до надмірного перегріву випарника, що викличе перехід фази інею у фазу роси, випарник повністю розморозиться, і компресор холодильника буде безперервно працювати, прагнучи набрати потрібну температуру, що неприпустимо. Тому налаштування цієї системи можна назвати ювелірною.

У старих моделях холодильників внутрішній корпус виготовлений з оцинкованого заліза, тому зручно кріпити пристрій до корпусу холодильника за допомогою потужних магнітів. Це дозволяє уникнути свердління корпусу холодильника та інших небажаних слюсарних маніпуляцій, які можуть призвести до витoku охолодженого повітря з холодильника. З цієї ж причини підключення мінуса живлення схеми випарника з морозильної камери проводиться за допомогою затискача типу «крокодил».

Розміри, форма і розташування морозильної камери в кожному конкретному холодильнику мають свої особливості, тому розташування антиобледенителя користувач визначає індивідуально. Найзручніше розмістити його зовні морозильної камери та під випарником. Як датчик С8 зручно використовувати контактну пару від реле типу РЕЗ-48 або аналогічного. Місце кріплення на морозильній камері потрібно очистити від бруду спиртом і приклеїти ізолятор контакту реле до корпусу випарника клеєм. Другим контактом датчика С8 буде сам корпус випарника. Висота розташування контакту над випарником визначається експериментально, орієнтовно вона становить 1,0-1,5 мм, що відповідає допустимій товщині шару інею на морозильній камері. У міру подальшого приросту шару інею система включатиме нагрівач з вентилятором, розчиняючи цей приріст і зберігаючи шар незмінної товщини.

Як нагрівачі зручно використовувати готові резистори типу ОМЛТ-1, ОМЛТ-2, а для більших потужностей - резистори типу С5-35. Важливо

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пам'ятати, що коефіцієнт навантаження по потужності для них дорівнює 0,5, тобто допустимо навантажувати ці резистори на половину їх паспортної потужності. Монтаж схеми можна проводити з використанням друкованої плати або навісним монтажем з використанням проводу МГШВ-0,2 мм. Для дотримання техніки безпеки датчик С8 слід закрити захисним чохлам.

Налаштування.

Для налаштування необхідно мати наступне обладнання: ЛАТР, регульований блок живлення, осцилограф, ламповий вольтметр, мультиметр, та підбірні резистори. Використовуючи ЛАТР, необхідно подати на схему напругу 220 В та перевірити мультиметром напругу на конденсаторі С2, вона повинна бути близько 15 В; світлодіод VD2 повинен світитися. Ламповий вольтметр на стабілітроні VD3 має показувати 12 В. Потім підключити осцилограф паралельно дроселю L1, а потенціометр R5 поставити в середнє положення; на екрані осцилографа повинні бути гармонійні коливання з частотою приблизно 10 МГц. Висока частота обрана через те, що шар інею, який виконує роль ємнісного датчика, має невелику ємність, тому для збільшення чутливості схеми потрібно підвищити частоту генератора. Регулюванням R5 необхідно вирівняти форму кривої генератора.

Наступний етап - перевірка роботи ємнісного датчика С8. Для цього необхідно виставити движок потенціометра R8 вгору за схемою на базу VT2. Підключити осцилограф та вольтметр паралельно дроселю L1, а простір між контактом реле і корпусом випарника заповнити легкою фракцією снігу, яку слід зіскоблити з морозилки іншого працюючого холодильника - це буде еквівалент ємнісного датчика С8 з інеєм, з яким слід провести чорнову налаштування схеми. На екрані осцилографа повинна бути видна синусоїда, а вольтметр (при зазорі контакту датчика 1,5 мм) повинен показати напругу близько 100 мВ (залежить від шару снігу). За допомогою сірника слід розпушити сніг під контактом і перевірити свідчення вольтметра - вони повинні змінюватися. Це

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

важливий момент, тому що в реальному схемою приріст інею буде йти плавно, і схема повинна оперативно реагувати.

При цьому при рівні напруги реле K1 має спрацювати; увімкнеться електродвигун M1, і почнеться нагрів резисторів R12-R14. Електродвигун можна поки відключити, а мультиметром перевірити струм навантаження через резистори R12-R14. За оптимальних умов навантажувальні резистори протягом півгодини прогріються приблизно до +40 °С. Для перевірки дії цієї температури на морозильну камеру слід закріпити вузьке сопло вентилятора на відстані 10 мм від морозильної камери. У саму камеру зішкребти сніг з іншого працюючого холодильника і покрити ним дно морозильної камери, що перевіряється. В подальшому увімкнути підігрів і вентилятор, засікти час за годинником. Легкий шар снігу на дні морозильної камери повинен розчинитися приблизно за 30 хвилин. У разі потреби слід скоригувати нагрів підігрівачів, збільшивши або зменшивши величину їх опорів, або змінивши кут атаки сопла вентилятора по відношенню до корпусу морозильної камери.

Після чорнового налаштування можна переходити до чистового. Для цього потрібно повністю зібрати всю схему і включити дослідний холодильник у мережу, почекати, поки з'явиться паморозь на морозильній камері відповідної товщини. Коли, на вашу думку, її товщина достатня для перевірки, можна трохи притиснути контакт датчика до дна камери; при цьому повинен включитися вентилятор з підігрівом, і шар інею повинен поступово розчинитися протягом півгодини. У разі потреби необхідно провести повторне налаштування схеми за вищеописаною методикою. Слід також мати на увазі, що чутливість всієї схеми регулюється резистором R8.

Деталі.

Конденсатори: C1 - K73-1 ємністю 0,82 мкФх400 В; C2 - K50-35 ємністю 1000 мкФх25 В; решта - типу КМ: C3 - 0,01 мкФ; C4 - 22 пФ; C5 - 82 пФ; C6 - 4 , 7 пФ; C7 - 8,2 пФ; C9 - 100 пФ; CЮ - 0,1 мкФ; C11-510пФ.

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Резистори: постійні типу ОМЛТ-0, 25; R1 - 1 МОм; R2, R4, R7 - 510 Ом;  
R3 - 1 кОм; R10 - 10 кОм; R9 - 5,6 кОм; R11 \* - 22 кОм; R12 \*- R14 \* - 720 Ом;  
R5, R8 - В25Р на 10 кОм.

Напівпровідники: VD1 - 3N259; VD3 - 2C512A; VD4, VD5 - КД209А; VT1  
- 2N1893; VT2 - 2N6763; VT3-BC338; VD2 - AL366K; DD1 - NE555.

Трансформатор Т1 типу RM4LS; дросель L1 типу SM-L15B; реле К1 типу  
FSMR-12; вимикач S1 типу ВТ2; запобіжник F1 типу ВП1-1 на 0,2 А;  
електродвигун М1 - комп'ютерний «кулер» фірми Intel на напругу 12 В, струм  
споживання 0,44 А.

На рисунку 2.9 показано розроблену друковану плату.

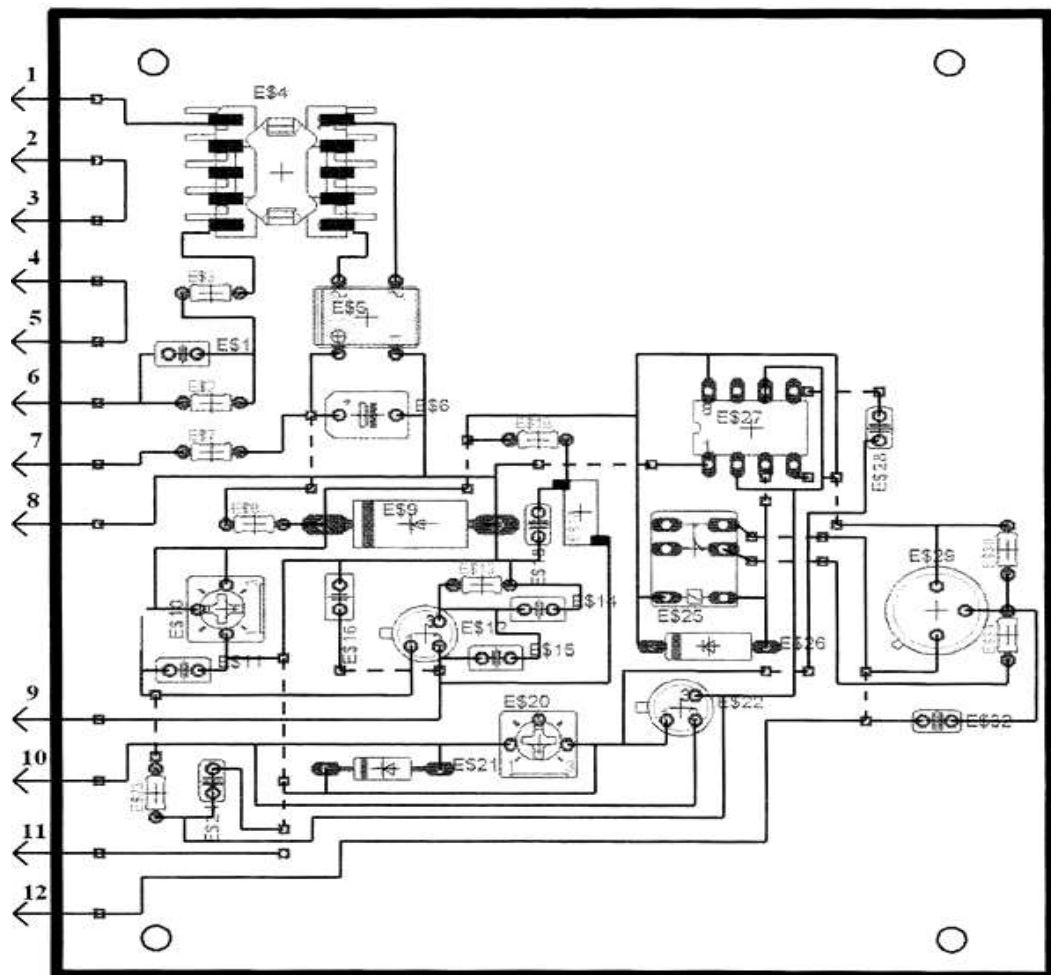


Рисунок 2.9 - Друкована плата системи

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000ПЗ

Арк.

50

Відповідність номерів контактів друкованої платі та підключаємих зовнішніх елементів:

- 1-2 Мережа 220 В;
- 3-4 Вимикач S1;
- 5-6 Запобіжник F1;
- 7-8 Світлодіод VD2;
- 9-10 Датчик C8;
- 11-12 Мотор M12, R12-R14.

## 2.6 Висновки до другого розділу

В цьому розділі провозиться проектування конструкції компресійного холодильника з удосконаленим холодильним агрегатом. Здійснюється розробка конденсатора та випарника побутового холодильника. Проводиться розробка конструкцій холодильників з удосконаленим холодильним агрегатом. Розробляються схеми електронного керування та системи проти намерзання холодильника.

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

### 3 РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ УДОСКОНАЛЕНОГО ХОЛОДИЛЬНИКА

#### 3.1 Розрахунок теоретичного циклу

Перед розрахунком теоретичного циклу здійснюється побудова теоретичного циклу холодильної машини виходячи з термодинамічних діаграм стану холодильного агента.

Для побудови теоретичного циклу застосовуються початкові дані і діаграма стану  $i$ - $\lg p$  хладагента R134a.

Початкові дані:

- холодоагент R 134a;
- температура кипіння  $T_0 = -25$  °C;
- температура конденсації  $T_k = 55$  °C;
- температура всмоктування  $T_{вс} = -10$  °C.

Питома ентальпія точки 3 визначається з рівняння теплового балансу за формулою:

$$i_3 - i_3 = i_1 - i_1, \quad (3.1)$$

$$i_3 = i_3 - i_1 + i_1.$$

За формулою знаходимо  $i_3$ :

$$i_3 = 280 - (410 - 385,4) = 255,4 \text{ кДж/кг.}$$

По відомих параметрах стану агрегату здійснюється розрахунок теоретичного циклу, а саме:

- масова холодопродуктивність:

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$q_o = i_1 - i_4 = 385 - 255 = 130 \text{ (кДж/кг)}; \quad (3.2)$$

- питома об'ємна холодопродуктивність:

$$q_v = q_o / v_i, \quad (3.3)$$

$$q_v = 130 / 0,185 = 702,7 \text{ (кДж/м)},$$

- кількість теплоти, що відводиться з конденсатора:

$$q_k = i_2 - i_3, \quad (3.4)$$

$$q_k = 470 - 283 = 187 \text{ (кДж/кг)},$$

- робота компресора в адіабатичному процесі стиснення:

$$L = i_2 - i_1, \quad (3.5)$$

$$L = 470 - 412 = 58 \text{ (кДж/кг)},$$

- холодильний коефіцієнт:

$$E = q_o / L = 130 / 58 = 2,24 ; 2 < E < 6 - \text{цикл ефективний},$$

$$E = 130 / 58 = 2,24 ; 2 < E < 6 - \text{цикл ефективний},$$

Параметри холодоагенту наведено в табл.3.1.

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 - Параметри холодоагенту

№ Т	t, °C	P, мПа	V, м³/кг	i, кДж/кг	S, кДж/кгК
1	-25	0,127	0,160	385	1,73
1'	10	0,127	0,185	412	1,85
2	55	0,640	0,014	470	1,72
2'	95	0,640	0,017	440	1,85
3	55	0,640	-	283	-
3'	40	0,640	-	255	-
4	-25	0,127	-	255	0,40

Теоретичний цикл для холодоагента R 134a наведено на рис.3.1.

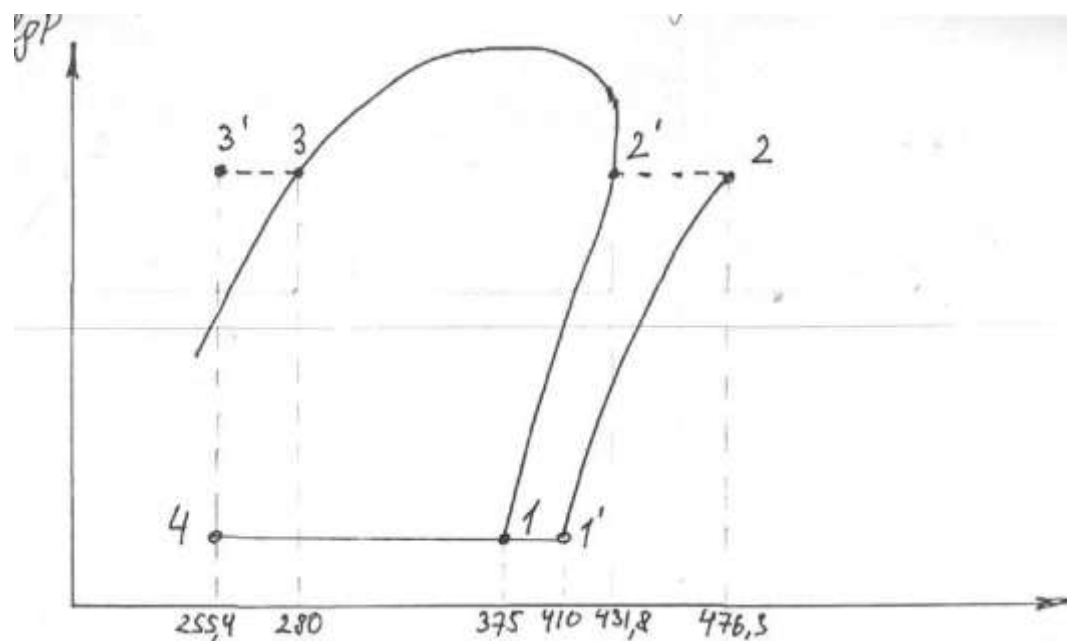


Рисунок 3.1 – Теоретичний цикл для холодоагента R 134a

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000ПЗ

Арк.

54

### 3.2 Розрахунок теплового навантаження, визначення холодопродуктивності холодильного агрегату

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

Початкові дані для розрахунку:

- тип холодильника компресійний;
- внутрішній об'єм холодильної камери 133 дм<sup>3</sup>;
- внутрішній робочий об'єм 305 дм<sup>3</sup>;
- внутрішній об'єм низькотемпературної камери 80 дм<sup>3</sup>;
- тип виконання холодильника УХЛ для помірних широт;
- температура  $t_{\text{окр.ср.}} = 32 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- температура  $t_{\text{НТК}} = -18 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- температура  $t_{\text{хк}} = 0 \dots +5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- холодильний агент R 134А;
- температура  $T_o = -25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- температура  $T_k = 55 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- температура  $T_{\text{вс}} = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- ізоляційний матеріал – пінополіурітан;
- зовнішня шафа - вуглецева листовая сталь (Ст3);
- внутрішня шафа - полістирол.

Теплопритоки через стінку охолоджуваної камери холодильника визначаються з формули:

$$Q_1 = kF\Delta T,$$

де

$Q_1$  – теплопритоки, Вт;

$\Delta T$  – різниця температур по обидві сторони стінки, К;

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$k$  – коефіцієнт теплопередачі, Вт/мК;

$F$  – площа зовнішньої поверхні огорожі, м<sup>3</sup>.

Коефіцієнт теплопередачі визначається з формули:

$$k = 1 / (1/\alpha_n + \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + \dots + \delta_n/\lambda_n + 1/\alpha_{вн}), \quad (3.6)$$

де  $\alpha_n$  – коефіцієнт теплопередачі із зовнішньої поверхні огорожі, Вт/мК;

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

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності ізоляційного матеріалу;

$\delta$  – товщина окремих шарів конструкції огорожі.

Розрахунок проводиться в наступній послідовності:

Розрахуємо всі можливі коефіцієнти теплопередачі:

а) коефіцієнт теплопередачі холодильної камери за формулою

$t_1$  – температура навколишнього середовища;

$t_2$  – температура внутрішньої холодильної камери;

$\delta_1$  – товщина зовнішньої поверхні;

$\delta_2$  – товщина ізоляції;

$\delta_3$  – товщина внутрішньої поверхні;

$\lambda_1$  – коефіцієнт теплопровідності сталі;

$\lambda_2$  – коефіцієнт теплопровідності пінополіуритана;

$\lambda_3$  – коефіцієнт теплопровідності полістиролу.

Відповідно:

$\alpha_n = 22,7$  Вт/мК;

$\alpha_{вн} = 9$  Вт/мК;

$\lambda_1 = 81$  Вт/мК;

$\lambda_2 = 0,029$  Вт/мК;

$\lambda_3 = 0,14$  Вт/мК.

Інші вихідні дані наступні:

$t = 32$  °С;

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_2 = 0 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\delta_1 = 0,6 \text{ мм};$$

$$\delta_2 = 33 \text{ мм};$$

$$\delta_3 = 2 \text{ мм}.$$

Тоді:

$$k_1 = 1/\left(\frac{1}{22,7} + \frac{0,6 \cdot 10^{-3}}{81} + \frac{33 \cdot 10^{-3}}{0,029} + \frac{2 \cdot 10^{-3}}{0,14} + \frac{1}{9}\right) = 0,765 \text{ Вт/мК}.$$

б) розраховується коефіцієнт теплопередачі низькотемпературної камери:

$$t = 32 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_2 = -20 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\delta_1 = 0,6 \text{ мм};$$

$$\delta_2 = 44 \text{ мм};$$

$$\delta_3 = 2 \text{ мм};$$

$$\alpha_{\text{вн}} = 3,5 \text{ Вт/мК}.$$

Тоді:

$$k_2 = 1/\left(\frac{1}{22,7} + \frac{0,6 \cdot 10^{-3}}{81} + \frac{44 \cdot 10^{-3}}{0,029} + \frac{2 \cdot 10^{-3}}{0,14} + \frac{1}{3,5}\right) = 0,537 \text{ Вт/мК}.$$

Геометричні розміри холодильника:

а) геометричні розміри температурної камери

$h_1$  – висота морозильної камери,

$v$  – глибина морозильної камери.

Внутрішній робочий об'єм НТК – 80 дм<sup>3</sup>.

Об'єм камери визначається за формулою::

$$V_{\text{НТК}} = \alpha \cdot v \cdot h. \quad (3.7)$$

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо висоту камери:

$$V_{\text{НТК}} = (0,6-0,08 \cdot 2)(0,6-0,08 \cdot 2) \cdot h,$$

$$h = 0,08/0,1936 = 0,4132 \text{ м.}$$

Визначаємо габаритний розмір камери НТК з урахуванням ізоляції і перегородок і враховуючи те, що висота відраховується від середньої лінії в перегородці:

1 - внутрішня і зовнішня стінка;

2- ізоляційний шар,

$$h = h + (8+5), \quad (3.8)$$

$$h = 41,32 + (8+5) = 45,4 = 0,454 \text{ м.}$$

б) геометричні розміри холодильної камери (хк)

- внутрішній об'єм ХК:

$$V_{\text{хк}} = 133 \text{ дм}^3.$$

Об'єм холодильної камери визначається за формулою:

$$V_{\text{хк}} = \alpha \cdot \nu \cdot h,$$

де  $h$  – дійсна висота холодильної камери.

Тоді:

$$V_{\text{хк}} = 133 \text{ дм}^3 = 0,133 \text{ м}^3 \quad \alpha = 0,6 \text{ м} \quad \nu = 0,6 \text{ м}$$

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Товщина ізоляції і перегородки складає 80 мм = 0,08 м.

Тоді:

$$V_{\text{ХК}} = (0,6-0,08 \cdot 2)(0,6-0,08 \cdot 2) h,$$

$$h = 0,133/0,1936 = 0,686 \text{ м.}$$

Визначаємо габаритний розмір холодильної камери, з врахуванням ізоляції перегородок. Було враховано те, що висота відраховується з врахуванням середньої лінії:

$$h_2 = h + (8+5) = 68,6 + 13 = 81,6 \text{ мм} = 0,0816 \text{ м},$$

в) геометричні розміри камери для зберігання овочів і фруктів:

- внутрішній об'єм ХК:

$$V_{\text{ХК}} = 92 \text{ дм}^3.$$

Об'єм холодильної камери визначається за формулою:

$$V_{\text{ХК}} = \alpha \cdot \epsilon \cdot h,$$

де,  $h$  – дійсна висота холодильної камери,

$$V_{\text{ХК}} = 92 \text{ дм}^3 = 0,092 \text{ м}^3 \quad \alpha = 0,6 \text{ м} \quad \epsilon = 0,6 \text{ м}$$

Товщина ізоляції і перегородки 80 мм = 0,08 м

$$V_{\text{ХК}} = (0,6-0,08 \cdot 2)(0,6-0,08 \cdot 2) h,$$

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$h = 0,092/0,1936 = 0,475 \text{ м.}$$

Визначаємо габаритний розмір холодильної камери, з врахуванням ізоляції перегородок, врахувавши те, що висота відлічується з урахуванням середньої лінії:

$$h_3 = h + (8+5) = 47,5 + 13 = 60,5 \text{ м.}$$

Загальна висота холодильника складає:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 = 0,454 + 0,817 + 0,605 = 1,85 \text{ м.} \quad (3.9)$$

Розрахунок площ поверхонь холодильника.

Розраховуємо площі всіх поверхонь холодильника:

а) площа поверхні морозильної камери НТК:

$$S_{\text{НТК}} = (\alpha - 0,08)(e - 0,08) + (e - 0,08)(h_1 - (0,04 + 0,05)) \cdot 2 + (\alpha - 0,08)(h_1 - (0,04 + 0,05)) \cdot 2,$$

Відповідно:

$$S_{\text{НТК}} = 1,215 \text{ м}^2;$$

б) площа поверхні холодильної камери:

$$S_{\text{ХК}} = (\alpha - 0,08)(e - 0,08) + (e - 0,08)(h_2 - (0,04 + 0,05)) \cdot 2 + (\alpha - 0,04)(h_2 - (0,04 + 0,05)) \cdot 2,$$

Відповідно:

$$S_{\text{ХК}} = 3,1784 \text{ м}^2;$$

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в) площа поверхні камери для овочів і фруктів:

$$S_{\text{хк}} = (\alpha - 0,08)(\epsilon - 0,08) + (\epsilon - 0,08)(h_3 - (0,04 + 0,05)) \cdot 2 + (\alpha - 0,04)(h - (0,04 + 0,05)) \cdot 2;$$

Відповідно:

$$S_{\text{хк}} = 2,3304 \text{ м}^2;$$

д) площа поверхні перегородки між морозильною камерою і плюсовий:

$$S_{\text{п}} = (\alpha - 0,1)(\epsilon - 0,1) = 0,25 \text{ м}^2;$$

г) площа поверхні між плюсовою і низькотемпературною камерами:

$$S_{\text{п2}} = (\alpha - 0,08)(\epsilon - 0,08) = 0,2704 \text{ м}^2.$$

Теплопритоки через огорожу визначаються наступним чином:

а) теплопритоки із зовнішнього середовища в морозильну камеру НТК:

$$Q'_1 = k_2 \cdot S_{\text{НТК}} \Delta T, \quad (3.10)$$

$$Q'_1 = 0,537 \cdot 1,215 (32 - (-18)) = 32,623 \text{ Вт}.$$

б) теплопритоки із зовнішнього середовища в холодильну камеру:

$$Q''_1 = k_2 \cdot S_{\text{НТК}} \Delta T = 0,765 \cdot 3,1784 (32 - 5) = 77,8 \text{ Вт},$$

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в) теплоприток із зовнішнього середовища в камеру для зберігання овочів і фруктів:

$$Q''_1 = k_2 \cdot S_{\text{НТК}} \Delta T = 0,765 \cdot 2,3304 (32-0) = 57,05 \text{ Вт.}$$

$Q_1$  = загальний теплоприток через всі огорожі:

$$Q_1 = Q'_1 + Q''_1 + Q'''_1 = 32,623 + 77,8 + 57,05 = 167,48 \text{ Вт.} \quad (3.11)$$

Теплове навантаження від повітребміну:

$$Q_2 = 0,05 (Q_1 + Q_3), \quad (3.12)$$

$$Q_2 = 0,05 (167,48 + 0,096) = 8,378526 \text{ Вт,}$$

а) теплове навантаження від повітребміну в ХК:

$$Q'_2 = 0,05(Q'_1 + Q'_3), \quad (3.13)$$

$$Q'_2 = 0,05(77,8 + 0,09) = 3,89 \text{ Вт.}$$

б) теплове навантаження від повітребміну в НТК:

$$Q''_2 = 0,05(Q''_1 + Q''_3), \quad (3.14)$$

$$Q''_2 = 0,05(32,623 + 6,25 \cdot 10^{-4}) = 1,63 \text{ Вт,}$$

в) теплове навантаження від повітребміну в камеру для зберігання овочів і фруктів:

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q''_2 = 0,05(Q'_1 + Q'_3), \quad (3.15)$$

$$Q''_2 = 0,05(57,05 + 0,09) = 2,857 \text{ Вт.}$$

Загальне теплове навантаження:

$$Q'_{0 \text{ х.а}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4, \quad (3.16)$$

$$Q_4 = 1,05 (77,8 + 3,89 + 0,096) = 85,87 \text{ Вт,}$$

$$Q'_{0 \text{ х.а}} = 77,8 + 3,89 + 0,096 + 86 = 167,66 \text{ Вт.}$$

а) визначаємо холодопродуктивність холодильного агрегату для холодильної камери::

$$Q'_{0 \text{ х.а(хк)}} = Q'_1 + Q'_2 + Q'_3 + Q'_4 = 167,66 \text{ Вт.}$$

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

$$Q''_{0 \text{ х.а}} = 1,05 \sum Q_i = 1,05(Q'_{0 \text{ х.а(хк)}}) = 1,05 \cdot 167,66 = 176 \text{ Вт,} \quad (3.17)$$

б) визначаємо холодопродуктивність холодильного агрегату для низькотемпературної камери:

$$Q''_{0 \text{ х.а(нТК)}} = Q''_1 + Q''_2 + Q''_3 + Q''_4 = 34,253 \text{ Вт.} \quad (3.18)$$

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$Q''_{0 \text{ х.а}} = 1,05 \sum Q_i = 1,05(Q''_{0 \text{ х.а(нТК)}}) = 35,96 \text{ Вт.} \quad (3.19)$$

в) визначуваний холодопродуктивність холодильного агрегату для камери для зберігання овочів і фруктів

$$Q''_{0 \text{ х.а(нТК)}} = Q_1'' + Q_2'' + Q_3'' + Q_4'' = 59,9 \text{ Вт.} \quad (3.20)$$

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

$$Q''_{0 \text{ х.а}} = 1,05 \sum Q_i = 1,05(Q''_{0 \text{ х.а(нТК)}}) = 62,9 \text{ Вт.}$$

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

$$Q_{0 \text{ х.а}} = Q''_{0 \text{ х.а}} / \epsilon. \quad (3.21)$$

а) холодопродуктивність в холодильній камері:

$$Q_{0 \text{ х.а}} = Q''_{0 \text{ х.а(хк)}} / \epsilon = 502 \text{ Вт,}$$

б) холодопродуктивність в низькотемпературній камері:

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{0 \text{ х.а}} = Q''_{0 \text{ х.а(НТК)}} / \epsilon = 102,75 \text{ Вт},$$

в) холодопродуктивність в камері для зберігання овочів і фруктів:

$$Q_{0 \text{ х.а}} = Q''_{0 \text{ х.а(НТК)}} / \epsilon = 179,721 \text{ Вт}.$$

### 3.3 Тепловий розрахунок компресора

Початкові дані для розрахунку:

$$Q_{0 \text{ х.а}} = 837,79 \text{ Вт},$$

R 134a;

$$T_o = -25 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$T_k = 55 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$T_{\text{вс}} = 10 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Розрахунок компресора:

1) питома холодопродуктивність 1-го кілограма агенту:

$$q_o = i_1 - i_4, \quad (3.22)$$

$$q_o = 385 - 255 = 130 \text{ кДж/кг},$$

2) масова витрата, паромасова подача компресора:

$$M = Q_{\text{оха}} / q_o = 837,79 \cdot 10^{-3} / 130 = 0,0064 \text{ (кг/с)}, \quad (3.23)$$

3) об'ємна витрата, пароб'ємна подача компресора:

$$V_d = M \cdot V'_1 = 0,0064 \cdot 0,15 = 0,00096 \text{ (м}^3\text{/с)}, \quad (3.24)$$

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

4) коефіцієнт подачі компресора залежно від ступеня стиснення  $P_k / P_o$ :

$$E = P_k / P_o = 1,5 / 0,125 = 12, \quad (3,26)$$

$$\lambda = 0,75,$$

5) об'єм компресора:

$$V = V_d / \lambda = 0,00096 / 0,75 = 0,00128 \text{ м}^3. \quad (3,27)$$

- теоретична потужність компресора визначається за формулою:

$$N_T = M (i_2 - i_1), \quad (3,28)$$

$$N_T = 0,0064 (470 - 385) = 0,544 \text{ кВт},$$

- дійсна потужність компресора:

$$N_i = N_T / \eta_i = 0,544 / 0,7 = 0,777 \text{ кВт},$$

- ефективна потужність компресора:

$$N_e = N_i / \eta_m, \quad (3,29)$$

де  $\eta_m$  = механічний коефіцієнт корисної дії, який враховує втрати на тертя;

$\eta_i$  – індикаторний коефіцієнт корисної дії компресора;

$$N_e = 0,777 / 0,85 = 0,914 \text{ кВт}.$$

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

По ефективній потужності і холодопродуктивності було підібрано компресор Хкв8 – 1ЛМ УХЛ.

### 3.4 Розрахунок конденсатора

Конденсатор холодильного агенту є теплообмінним апаратом, в якому холодоагент віддає тепло середовищу, що охолоджує його.

У агрегатах побутових холодильників відповідно до умови їх експлуатації використовують конденсатори, що охолоджуються повітрям.

Початкові дані для розрахунку:

- конденсатор виготовлений з мідних трубок, що обрешчені листовим алюмінієм;

- коефіцієнт тепловіддачі від R 134a до стінок трубки конденсатора  $\alpha_{x.a} = 1030 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град}}$  ;

- коефіцієнт тепловіддачі від стінки трубки конденсатора навколишньому середовищу  $\alpha_{\theta} = 19,5 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град}}$  ;

- коефіцієнт теплопровідності міді  $\lambda_i = 332 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град}}$  ;

- товщина стінки трубки конденсатора  $\delta_i = 0,65 \cdot 10^{-3}$  м;

- температура повітря на вході в конденсатор  $T_{\theta 1} = 36^{\circ}\text{C}$ ; - температура конденсації хладону R 134a  $T_k = 55^{\circ}\text{C}$ ;

- температура повітря на виході з конденсатора  $T_{\theta 2} = 40^{\circ}\text{C}$ .

Площа конденсатора визначається із формули:

$$F = \frac{Q_k}{k \cdot \Delta t_m}, \quad (3.30)$$

де  $Q_k$  – продуктивність конденсатора, Вт;

$k$  – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/мК;

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\Delta t_m$  – середня логарифмічна різниця між температурами холодного агента і навколишнього середовища.

Продуктивність конденсатора визначається за формулою:

$$Q_k = (i_1 - i_3)M, \quad (3.31)$$

де  $M$  - масова подача компресора;

$i_1, i_3$  – питома ентальпія в точках 1 і 3'.

$$Q_k = (385 - 255) \cdot 0,0064 = 0,832 \text{ кДж/с} = 715,52 \text{ ккал/час}$$

Коефіцієнт теплопередачі визначається за виразом:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{x.a}} + \sum \frac{\delta_i}{x_i} + \frac{1}{\alpha_g}} = \frac{1}{\frac{1}{1030} + \frac{0,65 \cdot 10^{-3}}{332} + \frac{1}{19,5}} = 19,13 \quad (3.32)$$

Середня логарифмічна різниця між температурами холодильного агента і навколишнього середовища визначається:

$$\Delta t_m = [(T_k - T_{\theta 1}) - (T_k - T_{\theta 2})] / 2,3 \lg[(T_k - T_{\theta 1}) / (T_k - T_{\theta 2})], \quad (3.33)$$

де  $T_{\theta 1}, T_{\theta 2}$  - температури повітря на вході і виході з конденсатора,

$T_k$  – температура конденсації;

$$\Delta t_m = \frac{(55 - 36) - (55 - 40)}{2,3 \lg \frac{55 - 36}{55 - 40}} = 2,2 \text{ м}^2.$$

За формулою визначаємо площу конденсатора:

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

$$F = Q_0 / k^* \Delta t_m, \quad (3.34)$$

де  $Q_0$  – продуктивність конденсатора, Вт:

$$F = \frac{715,52}{19,13 \cdot 16,9} = 2,2 \text{ м}^2,$$

де  $\Delta t_m$  - теплове навантаження на конденсатор:

$$Q_{\text{кон}} = Q_0 \cdot K_{Q \text{ сж}}, \quad (3.35)$$

де  $K_{Q \text{ сж}}$  – коефіцієнт стиснення;

$$K_{Q \text{ сж}} = 1,64;$$

$$Q_{\text{кон}} = 837,79 \cdot 1,64 = 1373,9 \text{ Вт.}$$

### 3.5 Розрахунок випарника

Випарник - це пристрій, який абсорбує тепло в холодну систему. Випарник встановлюють в охолоджуваному просторі. Тепло поглинається в результаті кипіння холодоагенту в каналах випарника:

а) Випарник холодильної камери.

Листотрубний випарник. Поверхня випарника визначається за формулою:

$$f = \Pi d L \varphi,$$

де  $f$ - поверхня випарника,  $\text{м}^2$ ;

$d$ - зовнішній діаметр змієвикового трубопроводу випарника, м;

$L$ - довжина змієвикового трубопроводу, м;

$\varphi$ - коефіцієнт обрешітки, що рівняється відношенню обрешітаної поверхні до поверхні, неначе обрешітки не було:

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\varphi = (2n + \Pi d + 2d)/\Pi d, \quad (3.36)$$

де  $n$  – відстань між гілками змієвика.

Відповідно:

$$D = 0,008 \text{ м}; n = 0,032 \text{ м},$$

$$\varphi = (2 \cdot 0,032 + 3,14 \cdot 0,008 + 2 \cdot 0,008) / (3,14 \cdot 0,008) = 4,185.$$

Довжину змієвикового трубопроводу визначають за формулою::

$$L = Q \cdot \frac{1}{[\Pi d \varphi (t - t_n) \{ A((t - t_n) / 0,5 \Pi d \varphi)^{1/4} + 0,98 \cdot 5,7 \cdot [(((t + 273) / 100)^4 - ((t_n + 273) / 100)^4) / (t - t_n)] \}]},$$

$$L = 3,33 \text{ м}.$$

Визначаємо поверхню випарника холодильної камери:

$$f = 3,14 \cdot 0,008 \cdot 3,33 \cdot 4,185 = 4,4 \text{ м}^2.$$

Площа поверхні знаходиться за формулою:

$$S = (n + d)L, \quad (3.37)$$

$$S = (0,032 + 0,008) \cdot 3,33 = 0,13 \text{ м}^2.$$

б) випарник морозильної камери (НТК):

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Випарник листотрубний. Поверхня випарника знаходиться за формулою::

$$f = \Pi d L \varphi , \quad (3.38)$$

де  $f$ - поверхня випарника,  $\text{м}^2$ ;

$d$ - зовнішній діаметр змієвикового трубопроводу випарника,  $\text{м}$ ;

$L$ - довжина змієвикового трубопроводу,  $\text{м}$ ;

$\varphi$ - коефіцієнт обрєбрення, що рївняється вїдношенню обрєбреної поверхні до поверхні, не начєбто обрєбрення не було;

Вїдповїдно:

$$\varphi = 4,185.$$

Довжина змієвикового трубопроводу  $L=7,9 \text{ м}$ .

Вїдповїдно:

$$f = 0,83 \text{ м}^2.$$

Площа поверхні обрєбрення:

$$S = (0,032 + 0,008) \cdot 0,83 = 0,04 \text{ м}^2,$$

в ) випарник в камерї для зберїгання овочїв і фруктїв:

Випарник листотрубний.

Поверхня випарника визначається за формулою:

$$f = \Pi d L \varphi ,$$

де  $f$ - поверхня випарника,  $\text{м}^2$ ;

$d$ - зовнішній діаметр змієвикового трубопроводу випарника,  $\text{м}$ ;

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

L- довжина змієвикового трубопроводу, м;  
φ- коефіцієнт обребрення, що рівний відношенню обребреної поверхні до поверхні, не начебто обребрення не було.

Вдповідно:

$$\varphi = (2n + \Pi d + 2d)/\Pi d, \quad (3.39)$$

де n – відстань між гілками змійовика;

$$d = 0,008 \text{ м}; n = 0,032 \text{ м},$$

$$\varphi = (2 \cdot 0,032 + 3,14 \cdot 0,008 + 2 \cdot 0,008) / (3,14 \cdot 0,008) = 4,185.$$

Довжина змієвикового трубопроводу визначається за формулою:

$$L = Q^{-1} / \left[ \left[ \Pi d \varphi (t - t_n) \left\{ A \left( \frac{t - t_n}{0,5 \Pi d \varphi} \right)^{1/4} + 0,98 \cdot 5,7 \cdot \left[ \left( \frac{t + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{t_n + 273}{100} \right)^4 \right] \right\} \right] / (t - t_n) \right].$$

Відповідно:

$$L = 3,33 \text{ м}.$$

Визначаємо площу поверхні випарника холодильної камери:

$$f = 3,14 \cdot 0,008 \cdot 3,33 \cdot 4,185 = 4,4 \text{ м}^2.$$

Площа поверхні визначається за формулою:

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

$$S=(n+d)L, \quad (3.40)$$

$$S = (0,032+0,008) \cdot 3,33 = 0,13 \text{ м}^2.$$

Виходячи з розрахунку було вибрано площу випарника, що рівна 0,13 м<sup>2</sup>.

### 3.6 Висновки до третього розділу

В цьому розділі здійснено розрахунки, що підтверджують працездатність удосконаленого холодильника. Проводиться розрахунок теоретичного циклу холодильника, теплового навантаження, визначення холодопродуктивності холодильного агрегату, тепловий розрахунок компресора, розрахунок конденсатора та випарника.

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання бакалаврської роботи було проведено патентний огляд, де були наведені короткі відомості про конденсатори та випарники побутового холодильника, а також їх аналіз. З використанням огляду та аналізу патентів розроблено варіанти конструкції конденсатора для зменшення споживання електроенергії та випарника для підвищення його ефективності. На основі цього спроєктовано конструкції холодильників з удосконаленим холодильним агрегатом.

Також розроблено та представлено схему електронного управління і електронну схему системи антиобледеніння побутового холодильника.

Були проведені розрахунки основних елементів холодильника, а саме: тепловий розрахунок компресора та теплового навантаження, визначення холодопродуктивності холодильного агрегату, розрахунок теоретичного циклу, випарника та конденсатора.

Підсумовуючи вищевикладене, можна зробити висновок про доцільність впровадження і застосування вдосконаленого побутового холодильника.

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Конденсатор побутового холодильника: А.с.1146524. МКВ F 25 В 39/04 / Ю.В.Муравйов, В.С.Кіряков-№3708038/23-06; Заявл.11.03.84; Опубл 22.06.85, Бюл. №11.- 2с.: ил
2. Конденсатор холодильника: А.с.1237948.США.МКВ F 25 В 39/04/3. С.Ю. Берсудський, А.П. Морозов-№3850198/23-06; Заявл.11.12.84; Опубл 23.06.86, Бюл. №23.- 2с.: ил
3. Конденсатор повітряного охолодження: А.с.1548625. МКВ F 25 В 39/04 / Б.С.Бабакин, І.А Рогов-№4421280/23-06; Заявл.08.03.88; Опубл 23.07.90, Бюл. №9.- 3с.: ил
4. Конденсатор домашнього холодильника: А.с.1335787. МКВ F 25 В 39/04 / С.І.Колоколов-№3734341/23-06; Заявл.08.12.84; Опубл 22.06.87, Бюл. №33.- 2с.: ил
5. Конденсатор холодильної машини: А.с.638813. МКВ F 25 В 39/04 / А.Н.Янпольський, Г.І. Чухман-№2427276/23-06; Заявл.11.12.76; Опубл 01.12.78, Бюл. №23.- 2с.: ил
6. Конденсатор компресійного холодильного агрегата: А.с.823379. F 25 В 39/04 / М.М. Мейлихов, П.М. Косиченко-№2571290/23-06; Заявл.07.16.78; Опубл 21.12.81, Бюл. №21.- 2с.: ил
7. Випарник: А.с.1633243. .МКВ F 25 В 39/02/В.І. Дятлов, Т.В.Дятлова-№4662764/23-06; Заявл.03.14.89; Опубл 11.25.91, Бюл. №9.- 2с.:ил
8. Випарник: А.с.606052. МКВ F 25 В 39/02/В.П. Колос, А.І.Рудная-№2401352/23-06; Заявл.05.15.76; Опубл 12.25.78, Бюл. №13.- 2с.:ил
9. Випарник побутового холодильника: А.с.1193397. МКВ F 25 В 39/04 / М.П. Відин, Ю.В. Муравйов-№3742910/23-06; Заявл.07.09.84; Опубл 11.12.85, Бюл. №23.- 2с.: ил
10. Холодильна техніка. 1986, № 11, с. 2 -4 ;

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Крилов Н.В., Гришин Л. М. Економіка холодильної промисловості. М., Агропромиздат, 1987, 272 с.;

12. Оцінка і совершенствование умов холодильного збереження овочів. Янковский і ін., Збірник праць ЛТИХП. Холодильна обробка і збереження пищевых прпордуктов. Л., 1974, вип. 2, с. 125-132;

13. Автоматизирование системы управления. Лабор.практ. по тех.средствам. Галкин В.А, ы др., Под ред. В.Н. Четвырикова. – М., Высш.шк., 1986. – 279 с.

14. Якобсон В.Б. Применение холодильных машин. Учебник для техникумов. М., „Машиностроение”, 1975 – 199 с.

15. Економічний розділ дипломного проекту. Методичні вказівки для студентів спеціальностей “Обладнання легкої промисловості”, “Електропобутова техніка”/ Т.Г. Гайворонська.- Хмельницький: ХНУ, 2008.

.16. Справочная книга по светотехнике. Под ред. Айзенберга Ю. Б. – М.: Энергоатомиздат, 1983.

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					БРМА24.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77