

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

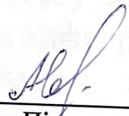
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

МОДЕРНІЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНИКА  
КОМПРЕСІЙНОГО ТИПУ

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

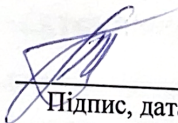
Шифр БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Виконав студент  
5 курсу група ЕТз-19

  
Підпис


Кушнір Я.О.  
Ініціали, прізвище

Керівник

  
Підпис, дата

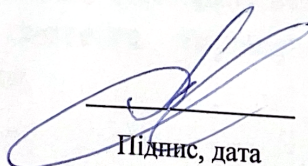
Лісевич С.П., ст.викл.  
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер

  
Підпис, дата

С.І. Лудський  
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:  
Зав. кафедри МАЕЕС

  
Підпис, дата

Д.Т.Н., проф. Поліщук О.С.  
Ініціали, прізвище

17 06 2024 р.

Хмельницький 2024

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС

17. 06 .2024

## ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

**Кушнір Ярослав Олексійович**

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи **Модернізація холодильника компресійного типу**  
керівник роботи **Лісевич С.П., старший викладач**

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

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

2. Строк подання студентом роботи на кафедру МАЕЕС

3. Вихідні дані до роботи: **прототип холодильника трикамерного холодильника компресійного типу, технологічні та технічні характеристики компресійних багатоканальних холодильників**

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

**1 Огляд на аналіз технологічних процесів та технічних рішень терморегулювання компресійних холодильників**

**2 Вибір технічного рішення та розробка системи терморегулювання на базі трикамерного компресійного холодильника**

**3 Розробка конструкції системи терморегулювання трикамерного компресійного холодильника**

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

**Аркуш 1. Пристрої та системи для терморегулювання компресійних холодильників (A1). Аркуш 2. Ілюстраційна схема трансформації компресійного холодильника (A1). Аркуш 3. Функціональна схема трансформації холодильного холодильника (A1). Аркуш 4. Схема структурна переміщення заслінки холодильника (A1). Аркуш 5. Система терморегулювання трикамерного холодильника (A1). Аркуш 6. Конструкція базового трикамерного холодильника з елементами модернізації (A1).**

### 6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи


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

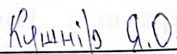
7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

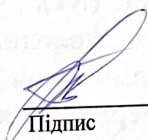
Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Огляд на аналіз технологічних процесів та технічних рішень терморегулювання компресійних холодильників	05.05.24р.	
2 Вибір технічного рішення та розробка системи терморегулювання на базі трикамерного компресійного холодильника	20.05.24р.	
3 Розробка конструкції системи терморегулювання трикамерного компресійного холодильника	20.06.24р.	

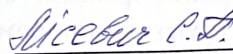
Студент

  
Підпис

  
Ініціали, прізвище

Керівник роботи

  
Підпис

  
Ініціали, прізвище

## АНОТАЦІЯ

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

1. Прізвище, ім'я та по батькові Кушнір Ярослав Олексійович

2. Тема бакалаврської роботи Модернізація холодильника компресійного типу

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання рецензента \_\_\_\_\_

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

5. Ця робота присвячена модернізації холодильника компресійного типу шляхом поліпшення його техніко-економічних та енергетичних параметрів за рахунок впровадження додаткової камери шляхом трансформації.

У роботі описується розробка та реалізація конструкції модернізованого компресійного холодильника.

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

В першому розділі зроблено огляд та аналіз технічних засобів регулювання технічних та технологічних параметрів холодильників

В другому розділі розроблено структурну схему систему терморегулювання компресійним холодильником, яка забезпечує модернізацію компресійного холодильника. Також систему керування та електричну схему модернізованого компресійного холодильника

В третьому розділі було розроблено та розраховано механізм переміщення заслінки для трансформації середньої камери. здійснено підбір відповідного сервоприводу для переміщення заслінки та здійснено основні розрахунки, які підтверджують працездатність цієї конструкції. Здійснено перевірочний розрахунок холодопродуктивності холодильника з врахуванням зміни об'єму морозильної камери в процесі трансформації.

Підпис студента \_\_\_\_\_

«17» 06 2024 р.

### РІШЕННЯ ЕК

Протокол №4 від «28» 06 2024 р.

Оцінка проекту ЕК Відмінно А

Рекомендації ЕК \_\_\_\_\_

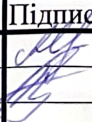
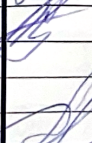
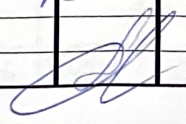
Особливі відмітки \_\_\_\_\_

Технічний секретар \_\_\_\_\_

«28» 06 2024 р.

## ЗМІСТ

Вступ .....	5
1 Огляд на аналіз теоретичних передумов охолодження та технічних рішень терморегулювання холодильників компресійного типу.....	6
1.1 Аналіз теоретичних передумов охолодження холодильників компресійного типу.....	6
1.2 Аналіз конструкцій компресійних холодильників та систем терморегулювання .....	12
2 Розробка системи терморегулювання трикамерного компресійного холодильника .....	25
2.1 Призначення та принцип роботи прототипа трикамерного холодильника компресійного типу .....	25
2.2 Розробка структурної схеми модернізованого трикамерного холодильника компресійного типу.....	29
2.3 Розробка електричної схеми роботи модернізованого трикамерного холодильника компресійного типу.....	34
2.4 Розробка схеми керування системою терморегулювання трикамерного холодильника компресійного типу.....	35
3 Розробка конструкції системи терморегулювання трикамерного холодильника компресійного типу.....	44
3.1 Розрахунок конструктивних параметрів терморегулюючої заслінки «нульової» камери холодильника компресійного типу .....	44
3.2 Підбір серводвигуна приводу терморегулюючої заслінки холодильника компресійного типу.....	48
3.3 Розрахунок механізму переміщення терморегулюючої заслінки модернізованого холодильника .....	52
3.4 Розрахунок конструктивних та енергетичних параметрів холодильного агрегату холодильника із удосконаленою системою терморегулювання .....	53
Висновки .....	59
Перелік джерел посилань.....	60
Додатки .....	62

<b>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>				
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
Виконав		Кушнір		
Перевір.		Лісевич		
Н.контр.				
Затвер.		Поліщук		
Модернізація холодильника компресійного типу			Літера у	Аркуш 4
			ХНУ, ЕТз-19	

## ВСТУП

Серед безлічі побутових приладів, які полегшують роботу і підвищують культуру побуту, особливе місце займає холодильник.

Тільки якщо у вас вдома є холодильник, ви можете гарантувати повноцінне і збалансоване харчування якісними свіжими і замороженими продуктами.

При цьому вони можуть менше ходити в магазин і купувати товари оптом, економлячи не тільки час домогосподарств, але й час і трудові витрати співробітників роздрібної торгівлі.

За останні роки на ринку побутової техніки з'явилося багато якісних моделей холодильників, найскладнішої побутової техніки.

Проте, щоб успішно вирішити проблему повноцінного харчування населення і одночасно збільшити виробництво холодильників, необхідно визначити оптимальні характеристики холодильників:

- оптимальні температурні рівні, які дозволяють зберігати різні продукти одночасно;
- співвідношення контейнерів з позитивною та негативною температурами;
- якісний контроль температури кожного відділення холодильника.

Тому завдання кваліфікаційної роботи бакалавра полягає в тому, щоб по можливості, вирішити ці проблеми та покращити техніко-економічні показники холодильників, спроектованих у процесі модернізації, особливо за рахунок розробки нових систем регулювання температури.

# 1 Огляд на аналіз теоретичних передумов охолодження та технічних рішень терморегулювання холодильників компресійного типу

## 1.1 Аналіз теоретичних передумов охолодження холодильників компресійного типу

Холодильна установка компресійного холодильника служить для відведення тепла з холодильника і віддачі його в навколишнє середовище. Холодильне обладнання домашніх холодильників - одноступінчастий компресор.

Схема ідеального компресійного холодильника з розширювальним циліндром наведена на рисунку 1.1.

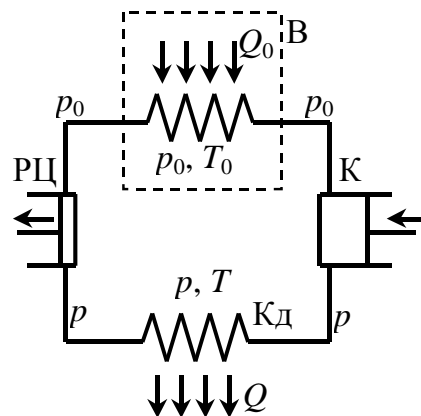


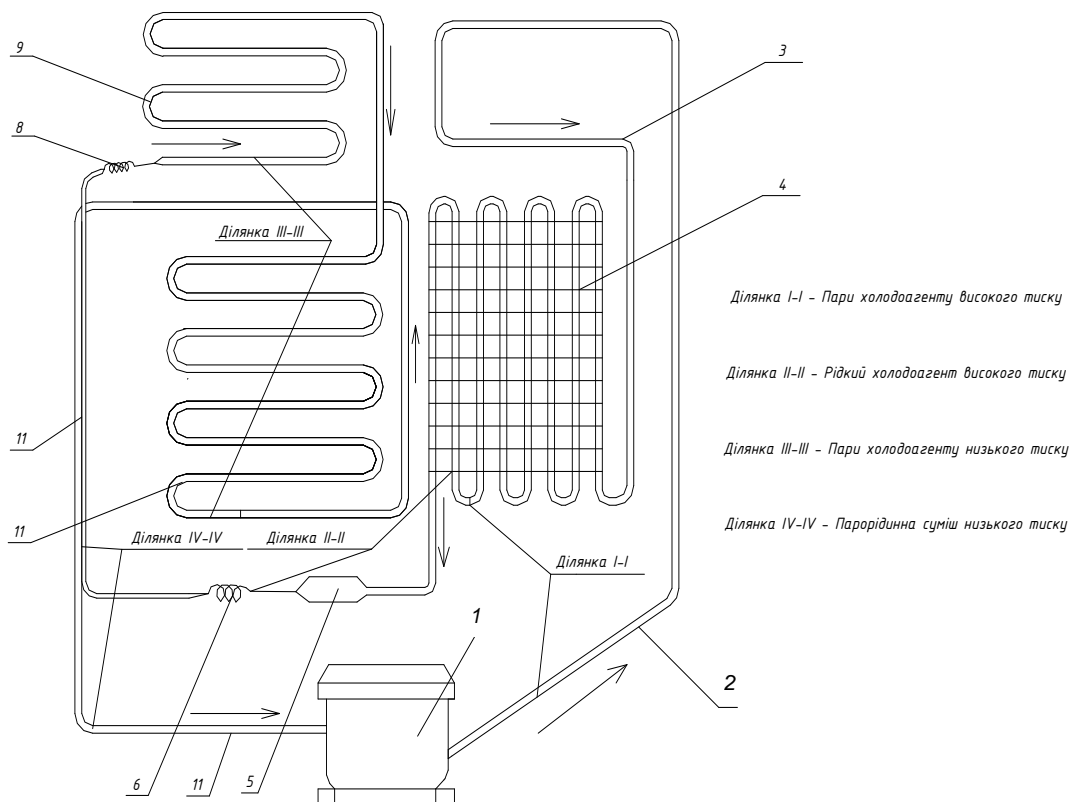
Рисунок 1.1 - Схема роботи загальної парової компресійної машини: В – випарник, Кд – конденсатор, К – компресор, РЦ – розширювальний циліндр,  $Q_0$  - поглинання тепла з холодильника,  $Q$  – віддача в навколишнє середовище

Ідеальна робота парового компресора така: Рідкий холодоагент надходить у випарник В під тиском  $p_0$ , кипить при негативній температурі  $T_0$  і поглинає з камери охолодження постійну кількість тепла  $Q_0$  за одиницю часу. Це називається холодопродуктивністю машини. Парі холодоагенту всмоктуються компресором К, забезпечуючи постійний тиск кипіння  $p_0$  у випарнику і під тиском  $p$  подаються в конденсатор Кд. При тиску  $p > p_k$  (де  $p_k$  – тиск конденсації при температурі конденсації  $T_k$ ) пара холодоагенту конденсується (конденсується) при

температурі  $T=T_k$  і віддає тепло конденсації  $Q$  в навколишнє середовище. Потім рідкий холодоагент надходить у розширювальний циліндр РЦ, де тиск холодоагенту знижується від тиску конденсації  $p$  до тиску кипіння  $p_0$  у випарнику.

Після досягнення тиску  $p_0$  у випарнику рідкий холодоагент знову закипає, а тепло в охолоджувальній камері  $Q_0$  використовується для випаровування. Такі замкнуті цикли руху в замкнутій системі машини відбуваються безперервно під час роботи компресора [3].

Технічна схема герметичного холодильного агрегату компресійного холодильника наведена на рисунку 1.2. Він складається з двигуна-компресора, випарника, конденсатора, фільтра-осушувача, капілярних трубок, теплообмінника та відповідного трубопроводу, що з'єднує ці агрегати.



1 - мотор-компресор; 2 - трубка нагнітальна; 3 - контур обігріву дверей морозилки; 4 - конденсатор; 5 - фільтр-осушувальний патронч; 6 - капілярна трубка; 7 - теплообмінник; 8 - капілярна трубка морозилки; 9 - випарник морозилки; 10 - випарник холодильної камери; 11 - трубка всмоктувальна

Рисунок 1.2 - Схема холодильного агрегата компресійного типу

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.

7

Як холодоагенти в холодильних установках використовуються різні речовини, але найпоширенішим холодоагентом є R134a (фреон). Це основний вузол, який гарантує роботу холодильника. Компресор забезпечує циркуляцію холодоагенту в системі пристрою. Він визначає ефективність, економічність і продуктивність холодильника. Всі побутові холодильники оснащені одноциліндровим поршневым компресором.

Конденсатор — це теплообмінний пристрій, у якому пари холодоагенту, охолоджені до температури конденсації, переходять у рідкий стан і віддають тепло в навколишнє середовище.

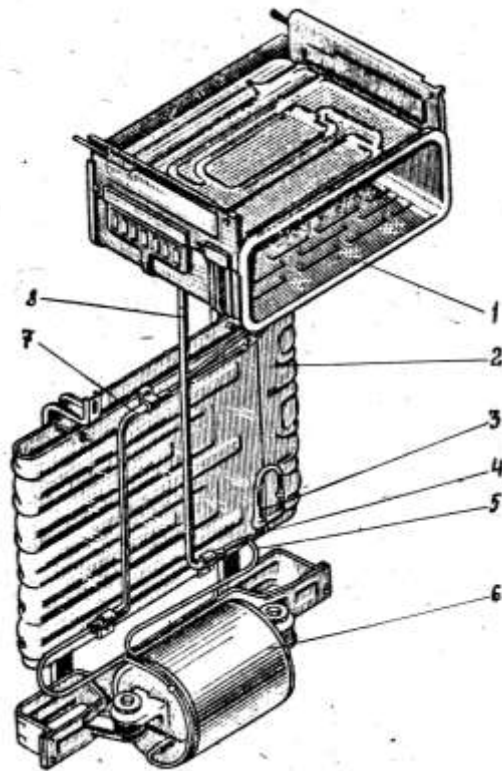
Випарник - теплообмінний пристрій, в якому теплота передається від охолоджуваного об'єкта до випаровуваної речовини (киплячої речовини), тобто холодоагенту. За принципом роботи випарник подібний до конденсатора, але відрізняється тим, що холодоагент у конденсаторі віддає тепло в навколишнє середовище, а холодоагент у випарнику поглинає тепло з охолодженого середовища.

Теплообмінник також є теплообмінним пристроєм і складається з припаяної всмоктувальної лінії та капілярної трубки. Необхідно перегріти пару, яка надходить у компресор на всмоктування, і переохолодити рідкий холодоагент, який надходить у випарник по капіляру, що підвищує ефективність охолодження холодильної установки.

Капілярні трубки є найбільш простими і надійними регулюючими пристроями. Це мідна труба з внутрішнім діаметром від 0,5 до 1,0 мм і довжиною від 2 до 3 м. Розміри труби і її пропускна здатність повинні забезпечувати потік холодоагенту, рівний масовій пропускній здатності. Капілярна трубка вирівнює тиск у конденсаторі та випарнику та полегшує запуск електродвигуна компресора, коли компресор вимкнений під час роботи холодильника.

Для використання капіляра необхідно використовувати надійний фільтр і встановити цеолітовий осушувач між конденсатором і капіляром.

На рисунку 1. 3 показана структура типової однокомпресорної холодильної установки.



1 – випарник, 2 – конденсатор, 3 – фільтр, 4 – осушувач, 5 – всмоктувальний трубопровід, 6 – мотор-компресор, 7 – нагнітальний трубопровід, 8 – теплообмінник

Рисунок 1.3 – Холодильний агрегат компресорного холодильника

Технічний процес отримання холодного повітря наступний: Компресор 6 впорскує перегріту пару холодоагенту через трубу 7 у конденсатор, де вона охолоджується та поступово конденсується під високим тиском. Зріджений холодоагент з конденсатора проходить через фільтр-осушувач 3 і потрапляє в капілярну трубку 4, частина якої припаяна (входить всередину) до всмоктувальної трубки 5, утворюючи теплообмінник 8. Завдяки теплообміннику відбувається переохолодження рідкого холодоагенту при проходженні через капілярні трубки, що підвищує ефективність пристрою. Крім того, тиск холодоагенту всередині капілярної трубки нижчий, ніж тиск конденсації (приблизно 7-12 атмосфер). (в залежності від температури навколишнього середовища) до тиску кипіння (приблизно 1-1,5 атмосфери).

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

Рідкий холодоагент, що надходить у випарник 1, бурхливо кипить під низьким тиском і поглинає тепло з холодильної камери. По всмоктувальній трубці пара повертається з випарника в компресор. Тому частина системи холодильного агрегату - від випускного клапана компресора до капілярної трубки - знаходиться під високим тиском, а інша частина - від випарника до впускного клапана компресора - під низьким [3] .

Нині в побуті використовуються двокамерні, трикамерні, однокамерні, двокамерні компресори (рис.1.4, 1.5), система NO FROST, електронне керування, комбінований холодильник тощо [2,4].

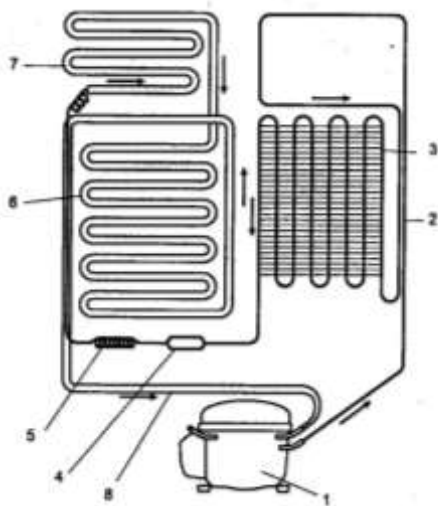


Рисунок 1.3 – Система двохкамерного холодильного агрегата

1 – компресор; 2 –трубопровід нагнітальний; 3 - конденсатор; 4 – фільтр-осушувач; 5 – трубка капілярна; 6 – випарник холодильної камери; 7 – випарник морозильної камери; 8 - усмоктувальний трубопровід

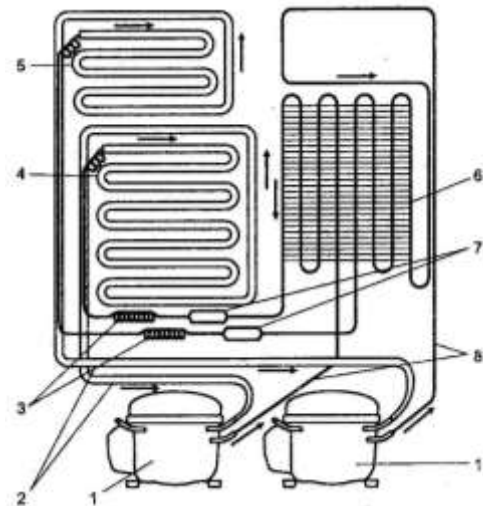


Рисунок 1.4 – Система двохкомпресорного холодильного агрегата

1 – компресор; 2 – усмоктувальний трубопровід; 3 - трубка капілярна; 4 – випарник холодильної камери; 5 – випарник морозильної камери; 6 – конденсатор; 7 – фільтр-осушувальний патрон; 8 - нагнітальний трубопровід

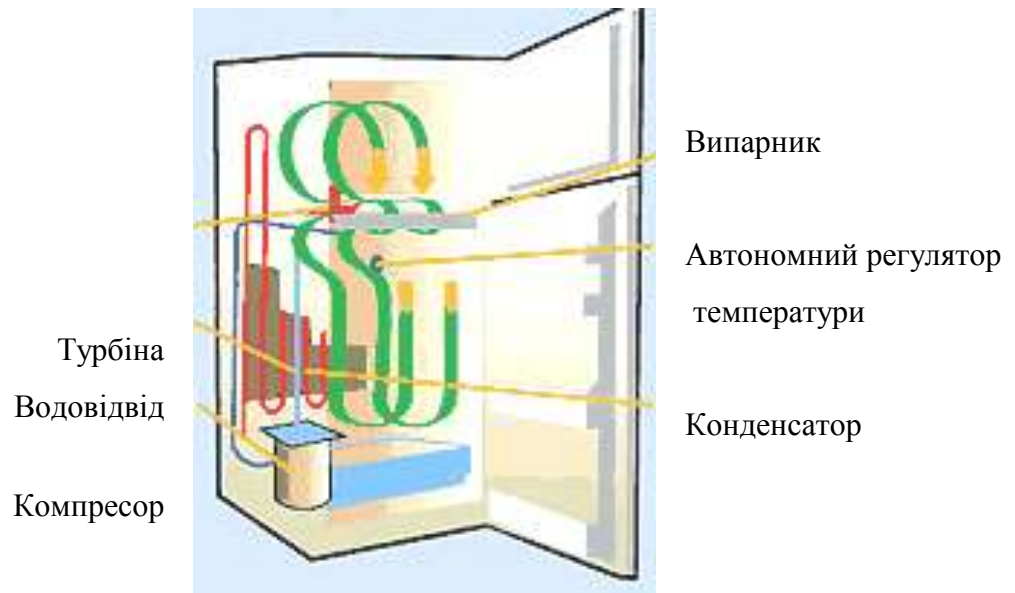


Рисунок 1.6 – Схема холодильника системи NO FROST

Стали популярними холодильники , оснащені системою NO FROST. Холодильники з системою NO FROST відрізняються від холодильників із традиційними системами охолодження тим, що в них використовується вентилятор для примусової циркуляції повітря всередині відділення та один випарник для охолодження всередині (див.рисунок 1.6). Такий випарник називається повітроохолоджувачем. У таких моделях випарник захищений за пластиковою панеллю, а в холодильниках випарника зазвичай немає зовсім.

Конструктивно випарник (охолоджувач повітря) холодильника NO FROST аналогічний автомобільному радіатору в більшості моделей холодильників і може бути розташований як у верхній, так і в нижній частині морозильної камери або за панеллю на задній стінці цієї камери розміщені в За випарником встановлений вентилятор, який втягує повітря з морозильних і охолоджувальних відділень у випарник (охолоджувач повітря). Повітря охолоджується, проходячи через випарник, і подається до охолодженого продукту через систему повітроводів.

## 1.2 Аналіз конструкцій компресійних холодильників та систем терморегулювання

Під час зберігання продуктів температура всередині холодильника повинна підтримуватися на заданому рівні. Як відомо, температура об'єкта залишається невідомою тільки в тому випадку, якщо між об'єктом і навколишнім середовищем існує теплова рівновага. Іншими словами, для того, щоб підтримувати постійну температуру їжі після охолодження, все тепло, яке надійшло в холодильну камеру за певний проміжок часу, необхідно відводити холодительною установкою.

Якщо цю умову порушити, температура в холодильній камері зміниться. Тому, якщо у випарник надходить більше тепла, ніж може розсіяти охолоджувачий блок, температура всередині камери підвищиться. І навпаки, якщо охолоджувальна здатність пристрою перевищує температуру на вході, температура всередині камери знизиться.

Тому, щоб підтримувати постійну температуру в холодильній камері, необхідно регулювати охолоджуючу здатність пристрою відповідно до зміни теплового навантаження випарника.

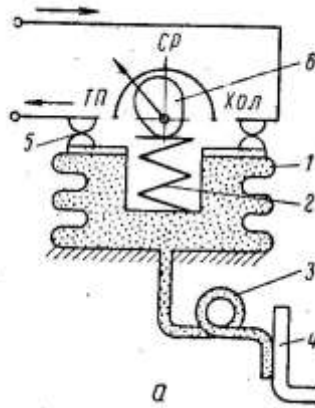
У холодильному агрегаті використовуються прямий і непрямий методи регулювання температури. Прямий метод передбачає встановлення датчика терморегулятора всередині холодильника для підтримки постійної температури повітря, тоді як непрямий метод підтримує постійну температуру, яка приблизно дорівнює температурі кипіння або температурі поверхні випарника. Обидва методи мають переваги та недоліки. Для конвекційного охолодження холодильних камер часто використовуються непрямі методи регулювання температури. Холодильники, які використовують примусову циркуляцію за допомогою вітру, зазвичай використовують прямий метод, який контролює температуру в обох камерах шляхом зміни кількості холодного повітря, що подається в обидві камери.

Холодильники з конвекційним охолодженням зазвичай мають двоточкове керування, яке вмикає та вимикає електродвигун компресора, коли чутливий елемент або датчик досягає верхньої межі (температура ввімкнення, температура вимикання). Досягнуто нижньої межі або температури вимкнення. Різниця в цих температурах називається різницею приладу.

Система термостатування для побутових холодильників надає можливість задавати і підтримувати різні температурні режими. Принципи конструкції цих систем відрізняються залежно від методу охолодження, який використовується в холодильнику чи морозильній камері. У побутовому холодильнику, який охолоджує внутрішню частину за допомогою природної конвекції (циркуляції) повітря, система контролю температури складається з термостата та холодильного блоку, причому термостат діє як сторона керування, а блок – як сторона виконання.

Термостат використовується для керування двигуном компресора механічної системи керування холодильника. Терморегулятор встановлюється на передній панелі холодильника або в холодильній камері, а рукоятка регулювання має цифровий індекс від 1 до 7 (у більшості також є інші шкали регулювання температури). Ручка використовується для встановлення рівня температури, при якому термостат вимикає живлення двигуна компресора. Сильфон термостата: трубка, що містить газ. Коли діафрагма охолоджується, контакти розмикаються і тиснуть на діафрагму, коли живлення двигуна-компресора припиняється. Сильфон термостата приєднаний до «плачучого» випарника (у більшості моделей), за винятком повітряного термостата, який використовувався в холодильниках системи NO FROST (тепер системи NO FROST управляються електронно).

Принципова схема термостата показана на малюнку 1.7. Об'єм сифона змінюється в залежності від тиску парів фреону і спирається на силову пружину на своєму рухомому кінці [5,6].



1 – сиффон, 2 – пружина силова, 3 – трубка капілярна, 4 – стінка випарника, 5 – контакти, 6 – кулачок

Рисунок 1.7 – Схема терморегулятора

Таким чином, чутлива система (датчик) термостата - це підпружинена теплова система, заповнена фреоном-132. При підвищенні температури і тиску наповнювача сиффон піддається силі силової пружини, забезпечуючи замикання контактів ланцюга електродвигуна за допомогою системи важелів. При зниженні температури і тиску пломбувального матеріалу під дією силової пружини об'єм сиффона зменшується і контакти електродвигуна розмикаються. Спеціальний важільний механізм, не показаний на схемі, забезпечує надійну роботу контактної системи термостата і запобігає перегоранню контактів.

Основними параметрами термостата розглянутої схеми є:

1) Це різниця між температурою ввімкнення та вимкнення в межах встановленого температурного діапазону.

2) Нормативний температурний діапазон, який визначається різницею критичних температур розмикання контактів у крайніх (низьких і високих) діапазонах температур.

В даний час терморегулятори з різними вдосконаленнями найчастіше використовуються в домашніх компресійних холодильниках. Є реле датчик температури тиску (терморегулятор), призначений для підтримки заданої температури в холодильній камері або холодильній камері побутового холодильника.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

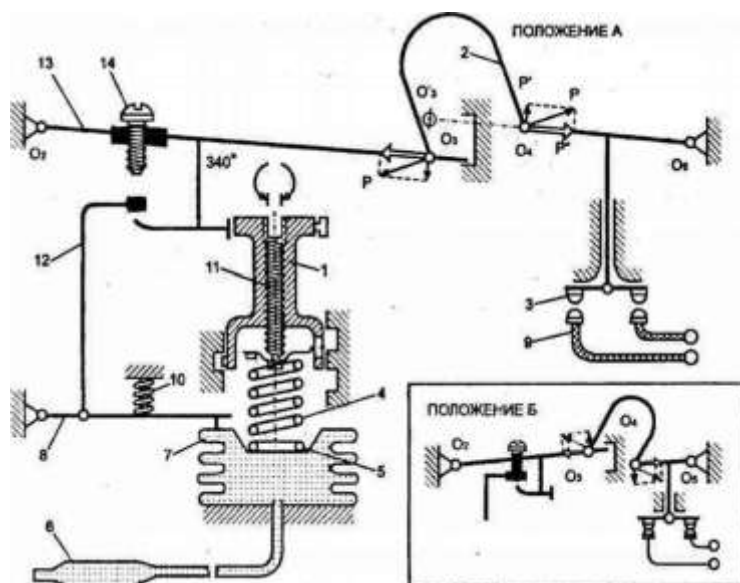
БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.

14

При цьому температура всередині капілярної трубки 6 підвищується (рисунок 1.8). При натисканні на стінку випарника тиск холодоагенту-12 збільшується, сильфон в трубі збільшується і сильфон 7 розширюється, днище 5 сильфона 7 стискає пружину 4, а виступ внизу натискає на важіль 8. натискаючи на гвинт 14, шток 12 повертає важіль 13 проти годинникової стрілки навколо осі  $O_2$ . Сила  $P$ , що виникає під дією похилої пружини 2, має одну спрямовану вгору складову  $P'$  в положенні А. При переході точки  $O_3$  через положення  $O_3$  ця складова дорівнює 0, а при подальшому русі важеля 13 складова  $P'$  змінюється в протилежну сторону, в результаті чого контакт 3 різко опускається і замикається ланцюг (положення В).

При зниженні температури в капілярі взаємодія частин приладу відбувається в зворотному порядку за рахунок дії сильфона 7 і пружини 10. Температури вмикання і вимикання регулюються натягуванням пружини за допомогою штока 1, гвинта 11 і гайки.



1 - шток; 2 - пружина перекидна; 3, 9 - контакти, 4 - пружина; 5 - дно сильфону, 6 - трубка капілярна. 7 - сильфон, 8, 13 - важіль, 10 - пружина, 11, 14 - гвинти, 12 - тяга

Рисунок 1.8 - Схема роботи датчика-реле температури АРТ-2

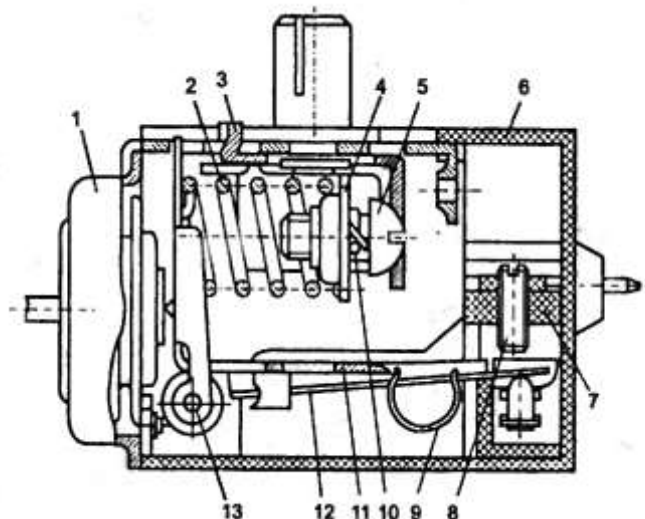
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Є чотири модифікованих прилади типу Т-110 з номінальною напругою 220 В і номінальним струмом 6 А. Перший тип з п'ятьма варіантами включає датчик реле температури Т-110, призначений для установки в побутових холодильниках. Другий тип датчика реле температури Т-130 встановлюється в двокамерний побутовий холодильник. Особливістю цього пристрою є те, що контакти обох блоків замикаються при температурі  $4 \pm 1,3$  °С. Температура розмикання контактів залежить від зони нечутливості, визначеної споживачем (пристрої з регульованою зоною нечутливості). За допомогою пристрою Т-130 можливе автоматичне видалення інею з поверхні випарника, встановленого у відділенні для зберігання охолоджених продуктів (без додаткового контролю розморожування) при кожному циклі роботи компресора.

Ці типи датчиків реле температури Т-144 використовуються для контролю температурного режиму і сигналізації аварійного режиму низькотемпературних холодильників (морозильних камер).

Основною відмінністю даного пристрою є наявність додаткової групи контактів, яка викликає тривогу в аварійному режимі, коли температура контролюваного середовища перевищує допустиме значення В під час відключення. Пристрої Т-144 Замість Т-145 при виробництві електрообладнання при підключенні до мережі живлення через вилку комутаційна здатність контактного розташування приладів цієї серії становить 500 ВА.

Найбільш поширеним є датчик температури реле Т-110 (ТРХ) [7]. Пристрій зібрано в пластиковому корпусі 6 (рис.1.19) і складається з наступних основних частин: термосистеми, блока регулювання температури замикання контактів, механізму перемикання контактів, блоку з контактними групами, вихідних клем, диференціального регулювання.



1 – термосильфон; 2 -пружина; 3 - повзун; 4 - гайка; 5,8 - регулювальні гвинти;  
 6 - корпус. 7 - колодка. 9 - пружина перекидна, 10 - пружина контрвальна;  
 11,12 - важелі; 13 –вісь

Рисунок 1.9 - Датчик реле температури Т- 110

Термостатичний диференціал - це різниця температур розмикання і замикання контактів (при постійному натягу бойової пружини). Чим менша різниця між приладами, тим ближче вони будуть підтримувати задану температуру. У термостатах домашніх холодильників цей блок використовується тільки для заводських налаштувань пристрою. Багато конструкцій термостатів не мають цієї функції. Модифікація диференціала здійснюється за допомогою гвинта, який, як обмежувач переміщення силового важеля, наближає або скасовує перекидний момент за рахунок перекидної пружини важеля з рухомими контактами. Пружинним елементом термочутливої системи є сильфон. Вузол регулювання температури перемикавання контактів складається з пружини 2, повзуна 3, гайки 4, регулювального гвинта 5 і контрпружини 10. Зона нечутливості регулюється за допомогою регулювального гвинта 8, встановленого на основі 7. Механізм перемикавання контактів містить важіль 12, вісь 13, важіль 11 і пружину нахилу 9.

Працює пристрій таким чином. Сильфон термочутливої системи 1 діє шарнірно з'єднаний на осі 13 важіль з двома плечами. У термостатичному режимі важіль обертається під дією термосистеми і пружини 2, розмикаючи і за-

микаючи контакти через пружину 9 і важіль 12. При підвищенні температури контрольованого середовища контакти замикаються при підвищенні температури. Коли нечутливі зони опускаються, вони відкриваються.

Існує термореле RT-12-35 (рисунок 1.10), яке є цифровим пристроєм, виконаним на мікроконтролері .



Рисунок 1.10 - Термореле RT-12-35

У нашому пристрої в якості датчиків використовуються термочутливі мікросхеми, які передають інформацію в цифровому вигляді, на відміну від більшості аналогів. Це реле дозволяє встановлювати до 4 температурних режимів на добу протягом 7 днів, з можливістю регулювання порогової температури (від -50 °C до +125 °C) і гістерезису (0,1 °C до +50 °C) [8].

Коли пристрій нагрівається і працює, навантаження (ТЕН або інше джерело тепла) підключається до нормально розімкнутих контактів реле. Якщо температура в цей день тижня нижча за температуру в поточний час, встановлений у програмі, нагрівальний елемент увімкнеться. Нагрівальний елемент вимикається при досягненні встановленої температури і знову включається після зниження температури через гістерезис. Коли пристрій працює на охолодження, навантаження (радіатор, блок охолодження) підключається до нормально замкнених контактів реле. Коли температура перевищує встановлене значення, включається холодильний агрегат. При досягненні заданої температури вимикач вимикається, а після підвищення температури на значення гістерезису знову включається. Пристрій RT-12-35 монтується на DIN-рейку 35 мм і має чітке ци-



ри термокулі або температури повітря в холодильній камері. Обертання гвинта регулювання температури 1 за годинниковою стрілкою замикає та розмикає контакти при вищих температурах. Повертання гвинта регулювання диференціала 2 за годинниковою стрілкою відкриває та замикає ланцюжок у нижній частині диференціала [8].

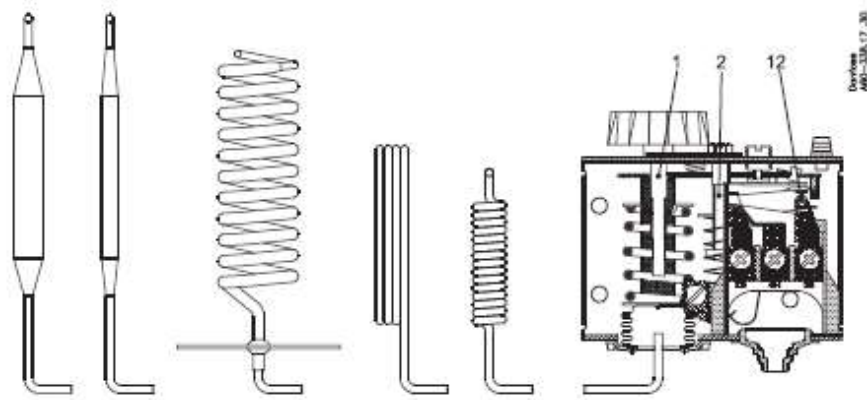


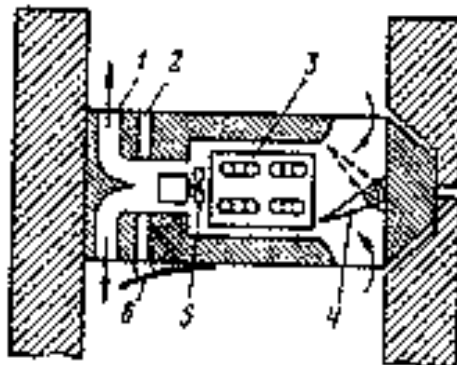
Рисунок 1.12 – Реле температури типу КР 61

Розглянутий вище терморегулятор з електромеханічними контактними елементами має наступні недоліки: Середня температура в холодильній камері істотно змінюється через зростання шару снігу на випарнику і підвищення зовнішньої температури. Кожна модель холодильника потребує власного налаштування та установки термостата. Висока напруга і велика сила струму (до 8-10 А) контактів в пусковому режимі часто призводять до перегорання або виходу з ладу терморегулятора навіть раніше встановленого терміну роботи холодильника. Тому зараз інтенсивно розробляються так звані безконтактні терморегулятори, які безпосередньо реагують на відхилення температури повітря холодильної камери. Застосування тиристорів дозволяє побудувати більш прості і надійні схеми підсилювачів, керованих сигналами датчиків низької інтенсивності. Однак усі безконтактні системи контролю температури є дорожчими за електромеханічні терморегулятори і тому ще не мають широкого застосування. Примусова циркуляція повітря в камері забезпечує більш рівномірний розподіл температури в об'ємі, зменшує утворення снігових шарів внаслідок обдуву випарника, підвищує вологість циркулюючого повітря, і в кінцевому підсумку покращує умови

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

зберігання.

Одна з принципів схем двокамерного холодильника з примусовою циркуляцією повітря наведена на рисунку 1. 13.



1 - канал основний, 2 - канал додатковий, 3 – випарник, 4 - заслінка регулююча,  
5 – вентилятор, 6 – клапан

Рисунок 1.13 - Схема регулювання температури у холодильниках з примусовою циркуляцією повітря

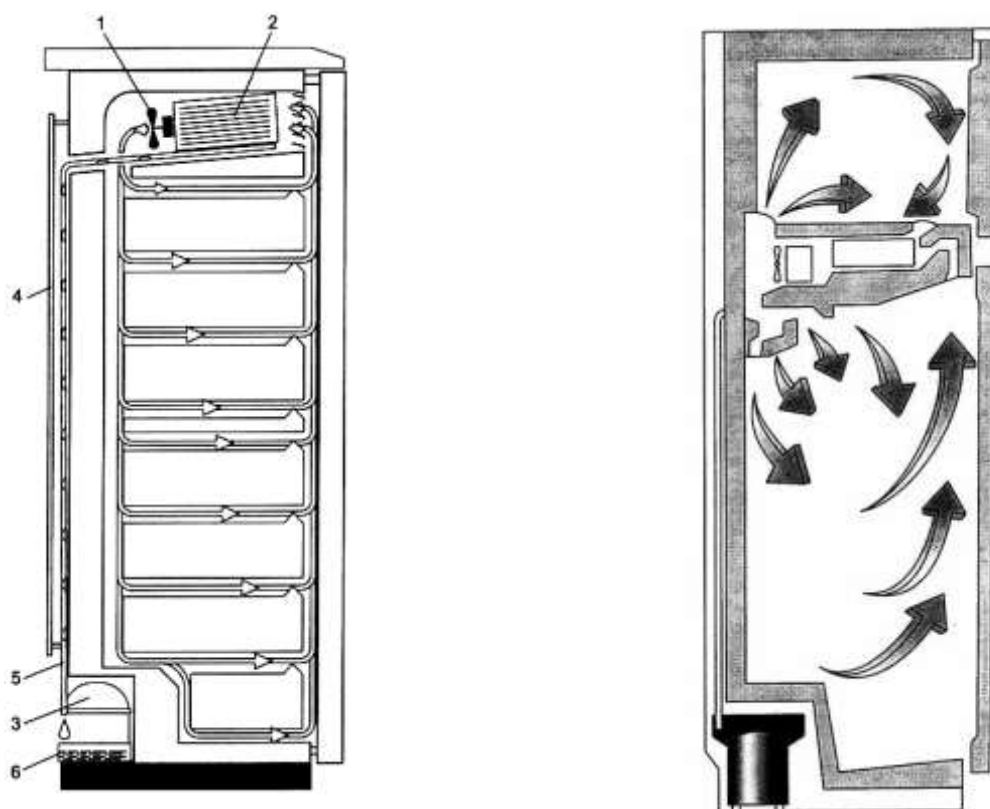
У горизонтальній перегородці між морозильною і холодильною камерами встановлено ребристий трубчастий випарник з вентилятором. Повітря засмоктується вентилятором через передній канал, закритий декоративною заслінкою, і після охолодження подається в камеру в об'ємі камери випарника по системі основного каналу 1 і додаткового каналу 2. У додаткових каналах встановлені спеціальні клапани на термочувливих біметалевих пластинах. Якщо температура у відповідній камері перевищує допустиму, клапан відкриває додаткові канали, змінюється потік повітря і змінюється температура. Регулювання повітряного потоку в такому холодильнику здійснюється за допомогою рухомих заслінок, які змінюють перетин повітропроводу. Тому регулювання температури в двокамерному холодильнику здійснюється за рахунок зміни потоку повітря. Тобто це робиться зміною періоду роботи вентилятора, зміною швидкості обертання двигуна вентилятора, зміною площі перерізу повітропроводу з заслінками і заслінками.

Система «No Frost» проілюстрована на прикладі вертикальної морозильної камери AEG на рисунку 1.14 [3].

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

За допомогою вентилятора 1 холодне повітря рівномірно розподіляється по внутрішньому об'єму і виносить вологу (що викликає утворення інею) назовні морозильника до випарника 2, де вона замерзає. Завдяки автоматиці холодильної камери випарник періодично розморожується (вентилятор на час зупиняється), а тала вода стікає в піддон 6 і випаровується. Це означає, що в морозильній камері не утворюється лід і розморожування не потрібне. Недоліком системи "NO FROST" є те, що схема повітряного потоку всередині холодильника, а отже, і ефективність очищення різних зон потоком холодного повітря залежить від ступеня і типу завантаження продуктів.

Система «No Frost» висуває певні вимоги до упаковки продукції. Це пояснюється тим, що, якщо продукт не упакований, примусова циркуляція повітря висушить його.



1 - вентилятор; 2 - випарник; 3 – мотор-компресор; 4 - зовнішній теплообмінник (конденсатор холодоагенту); 5 – канали стоку водного конденсату; 6 - піддон для збору конденсату

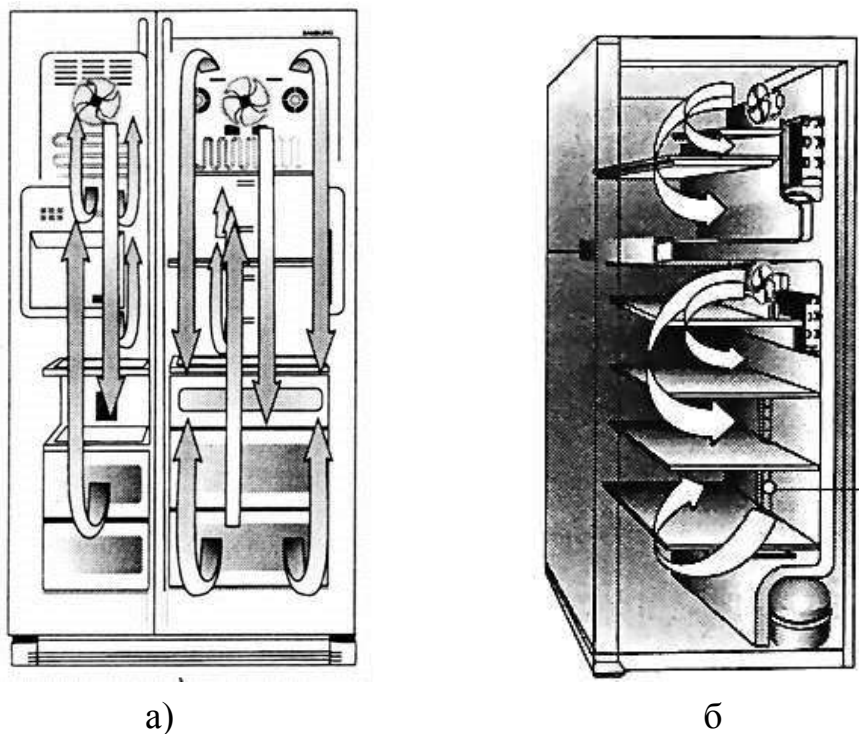
Рисунок 1.14 - Система No Frost компресійного холодильника

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Деякі виробники встановили окремі системи «NO FROST» у морозильній і холодильній камерах [8]. На рисунку 1.15 показано схему додаткової подвійної системи охолодження Samsung, яка охолоджує холодильник і морозильну камеру окремо, розташовуючи верхню та нижню морозильну камеру поруч.

Щоб вирішити проблему створення рівномірного температурного поля в холодильній або морозильній камері, виробники вдосконалюють систему циркуляції повітря в холодильній камері.

На малюнку 1.19 показано систему Samsung Super-X-Flow. Це вертикальний гвинтовий вентилятор, встановлений на задній стінці холодильної камери, який створює закручений потік повітря з вертикально орієнтованою віссю.



а) у холодильнику side-by-side; б) у холодильному апараті із верхнім розташуванням морозильної камери

Рисунок 1.15 - Система Twin Cooling System фірми Samsung.

## Висновок до розділу 1.

Примусова циркуляція повітря в камері дещо ускладнює конструкцію побутового холодильника і здорожує, але дозволяє автономно контролювати температурні показники в холодильній установці всіх камер, а також можливий контроль температури кожного відділення холодильника.

Але найголовніше те, що ці системи контролю температури можуть значно зменшити споживання енергії вашим холодильним агрегатом.

Аналіз усіх технічних засобів регулювання температури, що використовуються в побутових холодильниках, показує, що можна спростити систему регулювання та підвищити економічність, досягнувши при цьому високої надійності та зменшивши споживання енергії.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## 2 Розробка системи терморегулювання трикамерного холодильника компресійного типу

### 2.1 Призначення та принцип роботи прототипа трикамерного холодильника компресійного типу

Холодильники призначені для заморожування і зберігання продуктів харчування, овочів і фруктів, а також для приготування морозива.

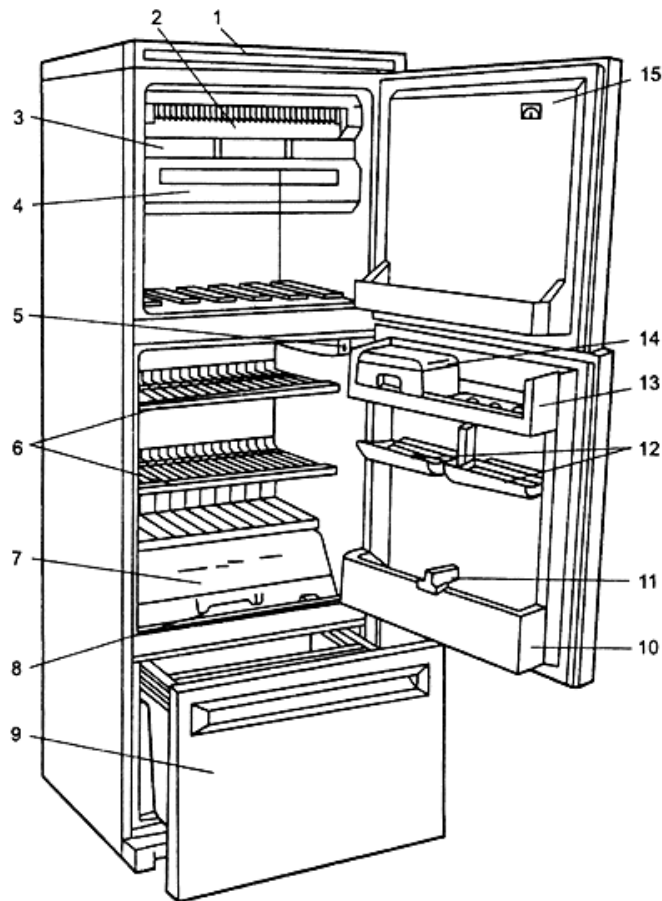
Холодильник виготовляється у вигляді прямокутної вертикальної шафи з герметичною компресійною холодильною установкою з випарником (випарним блоком), комплектом електрообладнання та елементів автоматики.

Проаналізувавши конструктивні особливості системи терморегуляції та особливості її застосування в компресійних холодильниках, було вирішено розробити систему терморегуляції в холодильних камерах з використанням примусової циркуляції повітря, а розроблена система – на холодильнику «STINOL-104» КШТ-305 (NF3304T). Холодильник «STINOL-104» КШТ-305 (NF3304T) має три камери (рис.2.1): холодильна із середньою температурою 0-5 °С, морозильна з температурою -18 °С, температура біля криокраплі -3°С.

Усередині холодильника три камери, тому його можна використовувати як трикамерний, а збільшивши об'єм морозильної камери, можна застосувати новітню систему, щоб використовувати його як двокамерний.

Холодильник-морозильник «СТИНОЛ-104» КШТ-305 (NF3304T) (рисунок 2.1) має три відділення: холодильне, морозильне і висувне (для зберігання овочів і фруктів).

Морозильна камера (МС) у верхній частині холодильної камери оснащена системою «No Frost», яка забезпечує циркуляцію холодного повітря та автоматичне розморожування випарника. Камера охолодження (ХК) охолоджується випарником.



1 - панель керування; 2 - акумулятор холоду; 3 - ємності для льоду;  
 4 - відділення для заморозки свіжих продуктів; 5 - лампа;  
 6 - полиці холодильної камери; 7 - відділення для теплого м'яса (блізкріоскопічне); 8 - важіль для регулювання температури у камері для зберігання фруктів і овочів; 9 - третя висувна камера для зберігання овочів та фруктів;  
 10, 12, 13 - полиці дверей; 11 - рухливий упор; 14 - ємність знімна; 15- індикатор температури

Рисунок 2.1 – Конструктивна схема холодильника «STINOL-104» КШТ-305

Нижче охолоджувальної камери є шухляда-камера-контейнер для зберігання овочів і фруктів, охолодження якого досягається холодним повітрям, що надходить через отвір у задній частині охолоджувальної камери та викидається в охолоджуючу камеру. Камера охолодження розташована через дефлектор у передній нижній частині камери охолодження.

Холодильник складається з прямокутної утепленої шафи. Корпус холодильника складається із зовнішньої металевої панелі та внутрішньої (з ударопрочного полістиролу) шафи. Простір між шафами заповнений утеплювачем - піно-

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
26

поліуретаном (ПУ), який міцно з'єднує зовнішню і внутрішню шафи і робить їх моноблоком, що не розбирається.

Дверні панелі також заповнені утеплювачем - пінополіуретаном. Передній отвір шафи закривається трьома дверцятами. Магнітне ущільнення, прикріплене до внутрішньої панелі дверей, гарантує, що двері надійно залишаються на місці. Дверцята холодильної та морозильної камер є цільними і не знімаються. Дверцята контейнерів, які використовуються для зберігання овочів і фруктів, також «запінюються» пінополіуретаном (ППУ).

Холодильна камера охолоджується холодильним агрегатом за 2-х кварталним методом. Випарник холодильної камери виконаний з мідних труб, встановлених між зовнішньою шафою і задньою стінкою внутрішньої шафи, і спінений ППУ. Хоча така конструкція не знімається, хімічні властивості міді, з якої виготовлена трубка випарника, роблять її менш чутливою до витoku холодоагенту через корозію. Випарник морозильного охолоджувача 22 (рисунок 2.2) є основним елементом холодильної системи No-Frost.

Для забезпечення циркуляції повітря межі ребрами випарника і морозильною камерою вгорі за випарником встановлений електровентилятор з робочим колесом 6, який відсмоктує повітря з камери через пластину повернення повітря 5. До випарника підключений електронагрівач (резистор розморожування випарника). Він автоматично включається через 10-12 годин роботи компресора холодильної установки, що живить МК, викликаючи нагрів і розморожування випарника. Автоматичне розморожування забезпечується таймером 19, термозахисним реле 9 і електронним нагрівачем лотка 13. Останній забезпечує стік талої води в дренажну систему МК.

Нижче розташована евтектична холодильна камера, яка компенсує коливання температури всередині МК, що виникають внаслідок циклічної роботи холодильного агрегату та безпосередньо впливають на охолоджуваний продукт. Компресор блоку охолодження розташований на металевій перекладині в механічному відсіку в задній частині шафи. Конденсатор кріпиться на задній стінці шафи (рисунок 2.3).



Роль понижуючого пристрою виконує капілярна трубка з внутрішнім діаметром 0,71 мм. Наявність таких елементів у схемі пристрою робить його чутливим до вологи та інших забруднень, які потрапили у внутрішню систему. Прилад оснащений фільтром-осушувачем для очищення та осушення системи. Однак якщо в систему потрапляє багато вологи або бруду (витік фреону на стороні всмоктування), встановлення нового фільтра-осушувача може виявитися недостатнім.

## 2.2 Розробка структурної схеми роботи модернізованого трикамерного компресійного холодильника

Завданням кваліфікаційної роботи було вдосконалення системи регулювання температури компресійних холодильників. Для цього вибирається базова модель холодильника, описана в попередньому підрозділі, і розробляється система регулювання температури його внутрішньої частини. Це досягається шляхом перетворення центрального відділення холодильника, яке не має власного випарника і має температуру приблизно від 0 до -3 °С, на камеру з температурою приблизно -18 °С, що досягається за допомогою випарника. Чітке зображення змін, а саме зміна об'єму холодильника та зміна температури, показано на рисунку 2.3 та в графічній частині [ВРМА 24.00.00.000 ДІ2].

Спосіб керування холодильником показаний на малюнку 2.4.

За допомогою кнопкового перемикача можна вибрати і встановити бажаний температурний режим.

За допомогою кнопки 1 крайньої ліворуч установить температуру верхнього холодильного відділення з кроком 2°С. Температурні межі: +6оС, +4оС, +2оС. У режимі «холодильник» кнопка 2 встановлює значення температури в центральному відділенні з кроком 3°С. Температурні межі +3оС, 0оС та -3оС. Кнопка 3 перемикає центральне відділення в режим заморозки з температурою -18°С. Кнопкою 4 можна вимкнути звуковий сигнал. Над ним встановлена сигнала-

льна лампочка «тривога», яка спрацьовує при відхиленні температури в морозильній камері від норми. Кнопка 5 вмикає режим швидкої заморозки продукту. При цьому загоряється Super. Режим автоматично вийде, і звичайний дисплей засвітиться Normal. Над кнопкою є світловий індикатор відкриття дверей морозильної та холодильної камер. Через 30 секунд після ввімкнення світлового індикатора пролунає звуковий сигнал. звукова і світлова сигналізація вмикаються, коли ви закриваєте двері. За допомогою кнопок 6 і 7 встановіть тривалість режиму глибокої заморозки. Процедура встановлення займає 5 хвилин.

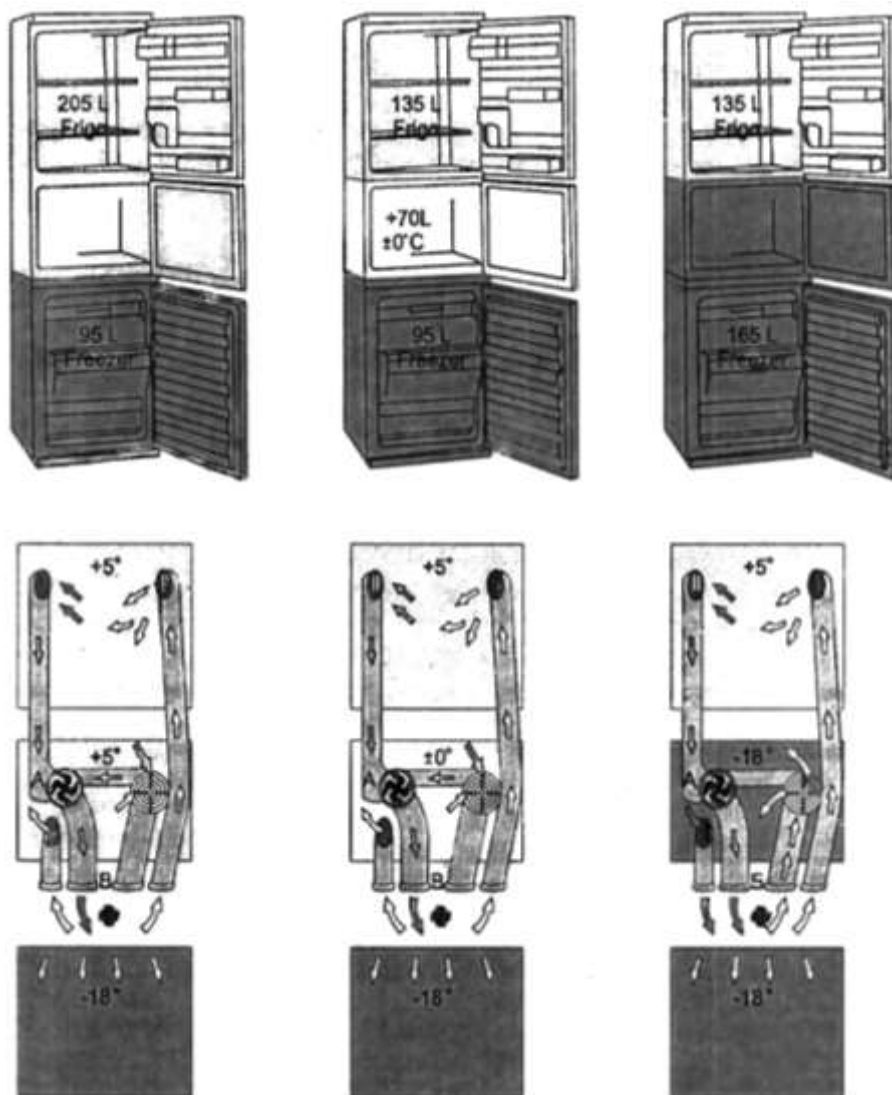


Рис. 2.3 – Схема трансформації центрального відсіку холодильника  
«STINOL-104» КШТ-305

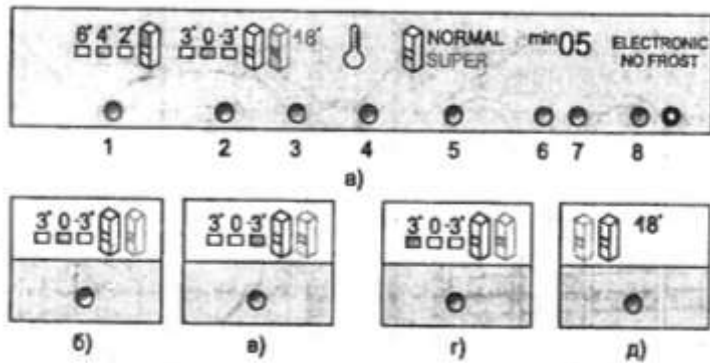


Рисунок 2.4 - Схема керування холодильником:  
а – вид загальний; б-д – показники індикації

На рисунку 2.5 представлена функціональна схема холодильної установки із запропонованим механізмом дообладнання центрального відсіку холодильника [БРМА 24.00.00.000 С1].

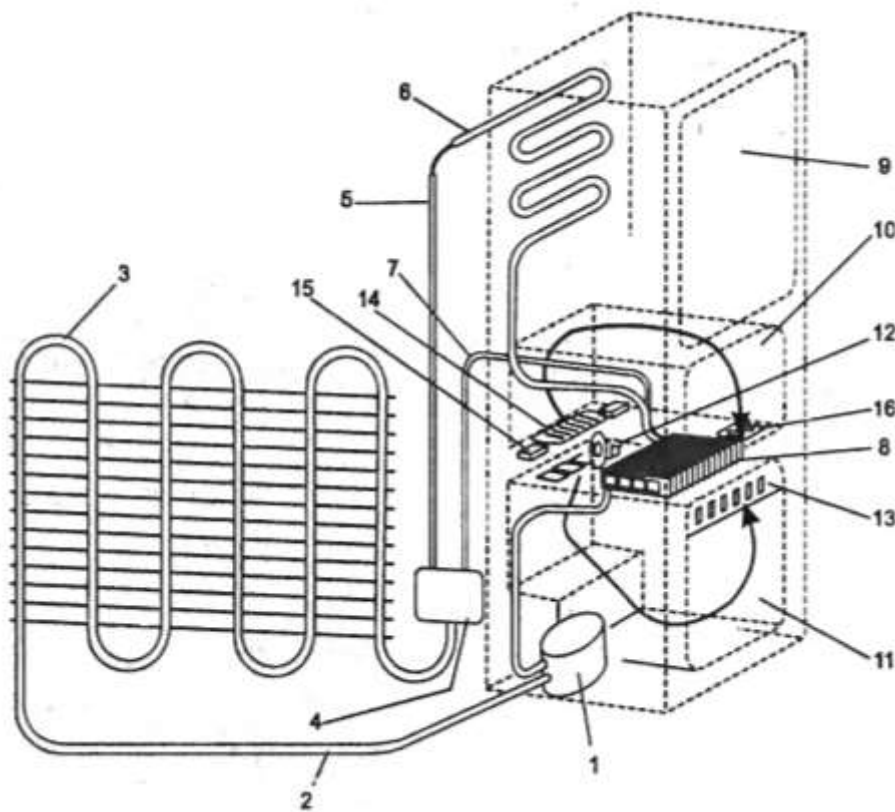


Рисунок 2.5 - Функціональна схема холодильного агрегату  
з трансформованим холодильним відсіком

Ця схема має наступні блоки та працює наступним чином. Компресор 1 закачує холодоагент у контур через трубу 2. Елементами труби 2 є конденсатор

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
31

3, триходовий клапан 4, капілярна трубка, холодильна камера 5, випарник, холодильна камера 6, капілярна трубка, морозильна камера 7, випарник, морозильна камера 8. Він містить холодильну камеру 9 і трансформуючий відсік 10 над морозильною камерою 11. Повітря від вентилятора 12 надходить у морозильне відділення через вентиляційні отвори 13. Модифікований відсік має регульовану заслінку 14, пластина якої приводиться в рух двома лінійними серводвигунами 15.

В якості пристрою контролю температури для холодильної камери запропоновано розташувати перфоровану заслінку між проміжною камерою та морозильною камерою. Ця заслінка складається з двох частин (рисунок 2.6), однієї нерухомої та іншої рухомої. Два лінійних серводвигуна 1 переміщують щілинну пластину 2 з боку в бік, тим самим збільшуючи або зменшуючи доступ холодного повітря до переобладнаного відсіку.

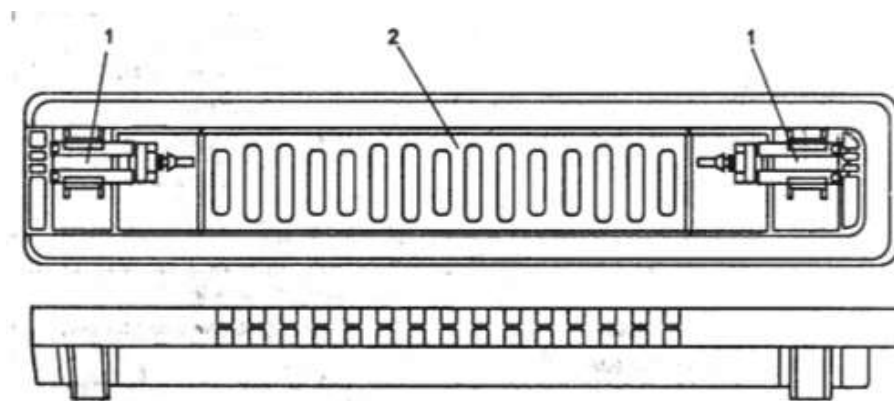


Рисунок 2. 6 – Конфігурація пристрою контролю температури для камери

Для переміщення заслінок було розроблено сервопривід. Принцип роботи сервоприводу - спеціальна конструкція з вбудованим електродвигуном. Положення можна точно відрегулювати та підтримувати в цьому положенні за допомогою відповідних пристроїв, таких як датчики положення, швидкості та сили та блок керування головним приводом (рисунок 2.7).

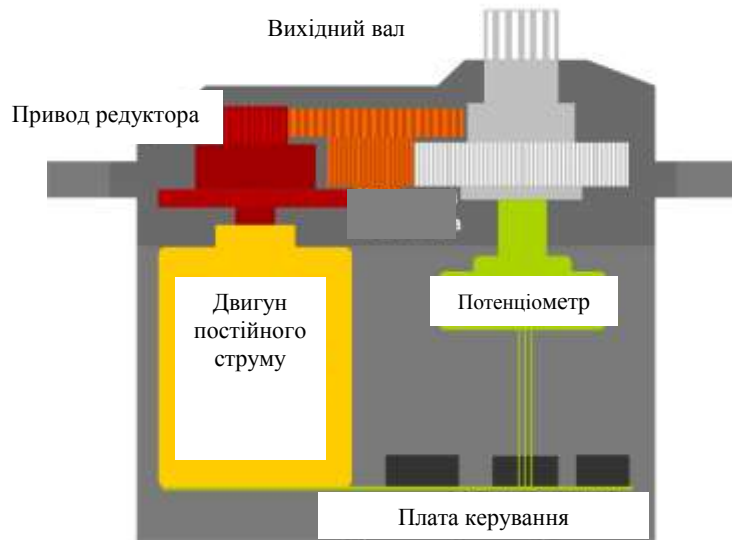


Рисунок 2.7 – Структурна схема роботи сервопривода

Після отримання певного значення керуючого сигналу на вході сервоприводу внутрішній контролер порівнює щойно отриманий сигнал із сигналом, що надійшов на датчик. Якщо ці сигнали мають різні значення, сигнал надсилається механізму виконання. Сигнали приймаються до тих пір, поки значення переданого сигналу не збігається з сигналом ззовні, до якого необхідно наблизитися.

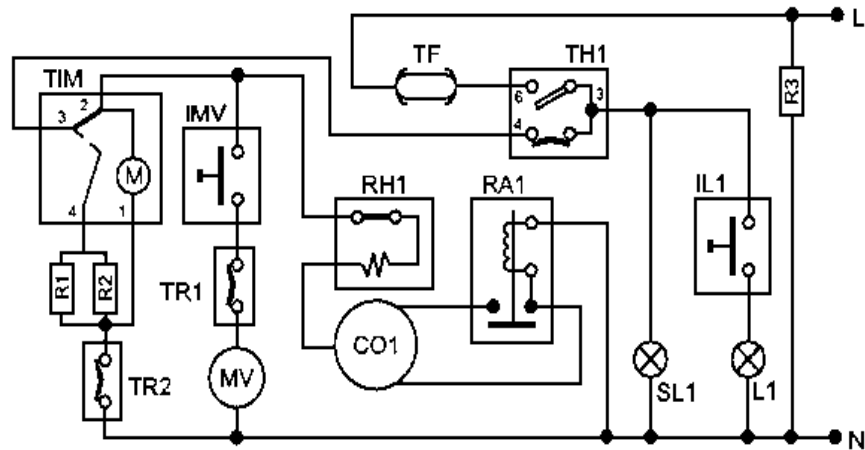
Щоб перемістити сервопривод у певне положення, необхідно подати на його вхід певний керуючий сигнал. Це імпульси з певною щільністю і тривалістю. Внутрішня логіка сервоприводу обробляє отримані сигнали і виконує ту чи іншу запрограмовану дію. Схема управління сервоприводом і розробка плати управління при установці заданої температури в холодильній камері розглянуті в розділі 2.4.

### 2.3 Розробка електричної схеми роботи модернізованого проектного трикамерного холодильника компресійного типу

Електрична схема холодильника «STINOL-104» КШТ-305 і його електрична функціональна з удосконаленою системою терморегулювання показані на рисунку 2.8 та 2.8 та у графічній частині [БРМА 24.00.00.000 ЕЗ].

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Схема підключення (електрична) (рис.2.8) забезпечує роботу холодильника в повністю автоматичному режимі. При замкнутому ланцюзі термостата TH1 напруга подається на контакти 2-3 таймера TIM, з яких надходить на ланцюг компресора CO1, електродвигун вентилятора MV і електродвигун таймера M. Компресор забезпечує циркуляцію холодоагенту в системі холодильного агрегату і знижує температуру випарника в морозильній і холодильній камерах.



N - нейтральна фаза, L - мережа, TH1 - терморегулятор відділення холодильного, RH1 - теплові запобіжники мотор-компресора, RA1 - пускове реле компресора, SL1 - сигнальна лампочка мережі, IL1 - лампові вимикачі, L1 - лампа холодильного відділення, TR1 - реле теплове включення вентилятора, TR2 - реле теплове електронагрівача випарника, IMV - вимикач вентилятора, MV - електродвигун вентилятора, R1-електронагрівач піддону випарника, R2 - електронагрівач випарника, TF - запобіжник плавкий, CO1 – компресор, R3 - протиконденсатний електронагрівач, M - електродвигун таймера, TIM-таймер

Рисунок 2.9 - Схема електрична холодильника-морозильника  
«STINOL-104» КШТ-305

При зниженні температури випарника в морозильній камері до -10 Реле TR1 (затримка обертання лопаті вентилятора) 10, встановлене на випарнику °С, включає електродвигун вентилятора і подає повітря в оребрений випарник, а на МК також замикає термореле TR2, тим самим забезпечуючи перемикування. При включенні

електродвигуна М запускається зворотний відлік таймера, який встановлює час роботи компресора.

Після певного часу роботи компресора (8-10 годин) таймер Т1М вимикає електродвигун компресора, вентилятор, таймер і електронні нагрівачі R2 (розморожування випарника) і R1 (нагрівач кожуха випарника). При замиканні контактів термостата ТН1 шар інею з випарника морозильної камери тане. При досягненні температури випарника 10°C реле TR2 відключає електронагрівальні резистори R1, R2 і забезпечує роботу електродвигуна таймера по ланцюгах ТН1, Т1М, R2, М, РН1, С01, RA1. Контакти таймера перемикаються, одночасно відключаючи нагрівальні резистори R1 і R2 і вмикаючи ланцюги електродвигуна компресора, вентилятора і таймера. Одночасно розмикаються контакти реле TR1 і TR2. Випарник морозильної камери починає охолоджуватися, а через деякий час спрацьовує реле TR1 і включається електродвигун вентилятора. Коли відкриваються дверцята морозильної камери, перемикач на 1 МВ вимикає вентилятор. Електронагрівач 14, який перешкоджає утворенню конденсату, постійно нагріває поперечину між камерою охолодження і камерою гірки, в якій зберігаються фрукти і овочі.

#### 2.4 Розробка схеми керування системою терморегулювання трикамерного холодильника компресійного типу

Реалізація даної схеми управління включає наступні особливості:

- вмикає та вимикає компресор для підтримки заданої температури в холодильній камері.
- підтримує задану температуру в морозилці і прикриогенной (проміжної) камері при включенні і виключенні компресора і переході в режим, що перетворює проміжну камеру в морозилку.
- замінює звичайний термостат і дозволяє регулювати гістерезис – різни-

цю температур при включенні та виключенні компресора.

- примусове відключення компресора при значному відхиленні напруги в мережі від норми.

– з будь-якої причини, навіть якщо це викликано відхиленням напруги від стандартів або термостата, компресор не можна знову вмикати протягом 5 хвилин після вимкнення.

Останнє особливо важливо. Небезпечні ситуації можна легко створити, якщо різко знизити температуру або відкрити дверцята холодильника відразу після вимкнення компресора. Передбачена індикація стану блоку управління світлодіодами "Робота" (компресор включений), "Пауза" (компресор вимкнений), "Блокування" (не закінчився п'ятихвилинний заборона включення), "<" (напруга в мережі нижче мінімально допустимого), ">" (напруга в мережі вище максимально допустимого).

Блок-схема показана на рисунку.2.11. Складається з блоку терморегулятора на мікросхемі DA2, транзистора VT1 і таймера затримки включення на елементах DD1.1, DD1.2, блоку контролю напруги мережі на елементах DD1.3, DD1.4, і чіп DD2. транзистор VT2, пристрій виконання на VT3. Паралельно з'єднані контакти реле K1 вбудовані в ланцюг двигуна компресора замість стандартних контактів термостата холодильника.

Блок живлення приладу укладатиметься з трансформатора T1, випрямляча (діодний міст VD1) та вбудованого стабілізатора DA1 на робочу напругу 9 В. Це значить, що при спрацьовуванні та відпусканні реле K1, змінюється навантаження на випрямляч. Щоб не впливати на роботу блоку контролю напруги, при зношуванні обмотки реле на випрямляч VT3 подається опір R27, підключений через транзистор. Опір резистора рівняється опору обмотки реле, тому струм, споживаний випрямлячем, не змінюється.

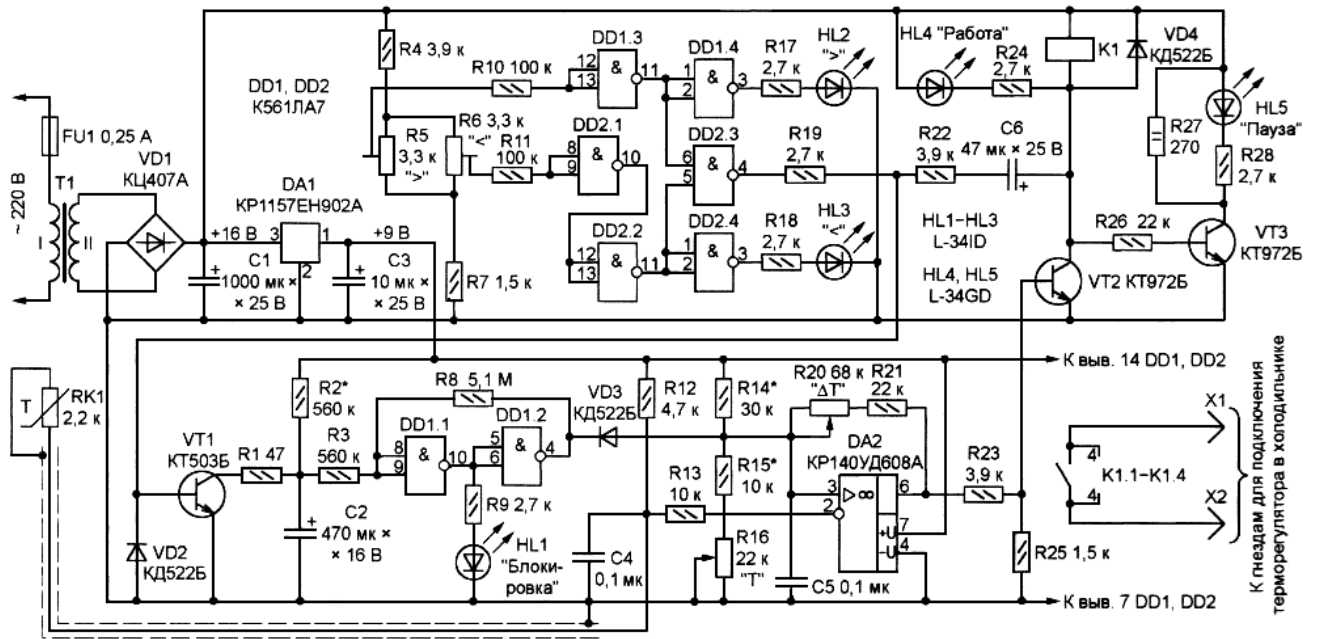


Рисунок 2.11 – Схема блоку регулювання температури холодильника

Припустимо, що блок підключений до мережі з номінальною напругою 220 В і вузол регулювання напруги не впливає на його роботу. Транзистор VT1 закритий, конденсатор C2 розряджений, на виході елемента DD1.2 низький логічний рівень і діод VD3 відкритий, тому термостат OP DA2 заблокований у стані, що відповідає низьким температурам. Компресор був вимкнений, тому що він знаходився в холодильній камері. Транзистор VT2 закривається і реле K1 знеструмується. Світлодіоди HL1 ``Lock`` і HL5 ``Pause``.

Після 5 хвилин зарядки конденсатора C2 через резистор R2 до порогу перемикавання тригера Шмітта елементів DD1.1, DD1. 2 рівень на виході стає високим і діод VD3 закривається, дозволяючи термостату працювати. Світлодіод HL1 згасне.

З підвищенням температури в холодильній камері опір термістора RK1 і падіння напруги призводять до того, що напруга на інвертуючому вході OP DA2 стає нижчою, ніж напруга на неінвертуючому вході, і, отже, рівень на виході OP DA2. Коли стає високим, транзистор VT2 відкривається, активуючи провід реле K1, що містить компресор. Світлодіод HL4 світиться, а світлодіод HL5 – ні. При

зниженні температури в камері охолодження напруга на інвертуючому вході ОП зростає, ОП змінює стан і компресор вимикається. Світлодіод HL4 згасне, а HL5 засвітиться. Падіння напруги на колекторі транзистора VT2 в момент спрацювання реле заряджає конденсатор C6, а імпульс зарядного струму викликає короткочасне відкриття транзистора VT1 (20 мс). Конденсатор C2, розряджений через відкритий транзистор, починає повільно заряджатися, як це було б після підключення пристрою до мережі. Це забороняє вмикання компресора протягом 5 хвилин. Діод VD2 захищає емітерний перехід транзистора VT1 від негативних імпульсів при розрядці конденсатора C6, оскільки транзистор VT2 відкритий при включенні реле K1.

Бажана температура холодильної камери встановлюється змінним резистором R16. Ширина петлі гістерезису термостата регулюється змінним резистором R20. Необхідність зміни гістерезису під час роботи є спірною, але її неможливо уникнути під час початкового налаштування. Гістерезис повинен бути достатнім для того, щоб компресор не вмикався часто і під час перерв у роботі температура стінок холодильної камери досягала позитивного значення і іній, що утворюється, танула, не накопичуючись.

Розглянемо, як працює блок контролю мережевої напруги. Якщо воно знаходиться в межах допуску, напруга на вході елемента DD1.3 буде низькою, а напруга на вході елемента DD2.1 перевищить поріг перемикавання. Рівень обох входів елемента DD2.3 — високий, а вихід — низький, що дозволяє всім іншим вузлам блоку поводитися, як описано вище.

Якщо напруга в мережі падає нижче допустимого, елемент DD2.1 змінює стан. Логічний рівень його виходу буде високим, те ж саме стосується і виходів елементів DD2.3, DD2.4. Загоряється світлодіод HL3 і подана на базу напруга через резистор R19 відкриває транзистор VT1, розряджаючи конденсатор C2 і блокуючи компресор. При відновленні нормальної напруги світлодіод HL3 гасне, транзистор VT1 закривається і потрібно зарядити конденсатор C2, через що термостат може працювати з перебоями.

При перевищенні напруги мережі допустимого значення низький рівень виходу елемента DD1.3 призводить до високого рівня виходів елементів DD1, 4 і елементів. DD2.3. Далі все відбувається так же само, як і при зниженні напруги, тільки замість світлодіода HL3 горить HL2.

Ми рекомендуємо встановити значення напруги, при яких спрацьовує захист, 242 В (задається резистором R5) і 187 В (задається резистором R6). Переривання живлення розпізнається блоком як неприпустиме падіння напруги. Важливо заборонити перезапуск компресора, якщо час перерви перевищує час, необхідний для вимкнення. Однак реакція не повинна бути такою швидкою. Більша ймовірність випадкового ввімкнення (наприклад, через те, що потужне електричне обладнання інтегровано в одну мережу).

Час роботи описаного пристрою при раптовому падінні напруги в мережі (приблизно 65 мс) визначається необхідністю розрядки конденсатора C1 до напруги, що відповідає мінімально допустимому значенню, і часом розряду конденсатора C2.

Підключається до транзистора VT1. Час реакції на раптове підвищення напруги в мережі менше 25-40 мілісекунд. Цей час витрачається на зарядку конденсатора C1 до встановленого порогу і розрядку конденсатора C2.

Всі елементи блоку керування, крім реле K1, змінних резисторів R16 і R20, терморезистора RK1 і плавкої вставки FU1, розміщені на односторонній друкованій платі. конденсатори C4, C5 - КМ-6 або інша кераміка, решта - оксидні імпорнтні та конденсатори C2 - серії LL (малий струм витоку). Допустима напруга конденсаторів C1 і C6 (25 В) вибирається з запасом на випадок аварійного підвищення напруги мережі. Підстроювальні резистори R5 і R6 - СП4-1, постійні - МЛТ. Змінні резистори R16 і R20 - СПЗ-12 з лінійною (А) залежністю опору від кута повороту вала. Основним критерієм вибору цих резисторів було те, що різьблення на монтажній втулці збігається з різьбленням стандартного термостата холодильника. Світлодіоди від HL1 до HL3 – червоні, HL4 і HL5 – зелені. Крім зображених на схемі підійдуть і інші світлодіоди відповідного розміру і

кольору, в тому числі і для побутового використання. Мікросхему КР140УД608А можна замінити на КР140УД608Б або КР140УД708.

Трансформатор Т1 слід вибрати малої висоти, щоб його можна було легко встановити в приладовому відсіку холодильника (див.нижче). Трансформатор діаметром 40 і висотою 28 мм в тороїдальному музичному театрі зі струмом 0,3 А і вторинною обмоткою 12 В. Наприклад, трансформатори ТП-321-5 і ТПК2 це: Підходить для масового виробництва -22 В аварійному режимі необхідно враховувати, що напруга в мережі може піднятися до 380 В. Це може статися, наприклад, якщо нульовий провід магістрального кабелю відключений.

У даній ситуації це небажано, тому що при виході з ладу трансформатора Т1, який не витримує таких напруг, дорогий компресор не включиться. Плавка вставка ФУ1 (ВП1-1) призначена для захисту трансформатора від пожежі. Особливу увагу звертайте на якість і ні в якому разі не обмінюйте на замінники. Термістор – ММТ-1 або ММТ-4. Якщо номінальне значення опору відрізняється від значення, зображеного на схемі, вам доведеться відповідно змінювати номінал резистора R12 багато разів. Однак використовувати терморезистори з опором більше 3 ...4 кОм не варто, так як при цьому погіршиться опір терморегулятора.

Реле К1 - РП-21-004, з обмоткою 24В DC. Після перевірки виявив, що для роботи достатньо 12 В, а при 16 В реле працює дуже надійно. Також можна використовувати інше реле, наприклад RENZZ. При виборі заміни особливу увагу слід звернути на здатність контактів реле витримувати пусковий струм компресора, який досягає декількох ампер. Зібрану друковану плату та реле К1 поміщають у службовий відсік у верхній частині холодильника. Паралельно з'єднані контакти реле підключаються до основної контактної групи стандартного термостата. Друга група контактів, призначена для відключення холодильника на тривалий час, замінена містком. В даний час відключити холодильник від мережі можна тільки одним способом: вийняти його з розетки.

Вбудована передня панель відсіку має отвори для двох термостатів. Однак

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

другий можна використовувати тільки в холодильниках з двома компресорами. Для звичайних холодильників з компресором зручно встановлювати змінний резистор R20. Встановити змінний резистор R16 замість стандартного термостата, який ви зняли. У передній панелі сервісного відсіку ще потрібно просвердлити п'ять отворів для розміщення світлодіодів, які кріпляться до плати блоку управління.

Клеми первинної обмотки трансформатора T1 (через одну з них - плавку вставку FU1, припаяну до розриву) підключаються до кабелю живлення, який веде до індикаторної лампи роботи в радіаторі. Екранований провід, що з'єднує датчик температури (термістор RK1) і плату блоку управління, закладений в ізолювану трубу з вінілхлориду тощо і прокладений уздовж траси, з якої видалена металева труба звичайного сільфона термостата. Сам терморезистор встановлений в холодильній камері, де закінчується сільфонна труба. Він повинен бути добре ізолюваний і захищений від вологи та морозу.

Середня температура всередині холодильника змінюється змінним резистором R16. Якщо за допомогою змінних резисторів не вдається досягти бажаного температурного режиму, слід вибрати резистори R14 і R15. Ця панель керування також містить блок керування сервоприводом для керування дверцятами, які контролюють потік повітря від морозильної камери до проміжної камери під час переобладнання холодильника.

Серводвигун - це двигун постійного струму з редуктором і системою зворотного зв'язку для контролю положення.

Серводвигун має три клеми, дві з яких подають напругу від 4 до 6 В. Керуючий сигнал надходить на третій термінал. Керуючим сигналом є ланцюжок прямокутних імпульсів тривалістю 1-2 мс. Отже, імпульс, відповідний проміжному положенню, становить 1,5 мс. Імпульси надсилаються з частотою приблизно 50 разів на секунду (50 Гц). Це означає, що час між імпульсами становить приблизно 20 мс. Ці «середні» імпульси повертають вал двигуна в середнє положення на  $\pm 45$  градусів.

Обертання вала серводвигуна обмежено 90 градусами ( $\pm 45$  градусів від середнього положення). Імпульс тривалістю 1 мс повертає вал двигуна повністю вліво (рисунок 2.12). Імпульс тривалістю 2 мс так само повертається вправо. Змінюючи тривалість імпульсу в межах 1-2 мс, вал двигуна можна повернути на будь-який кут в заданому інтервалі.

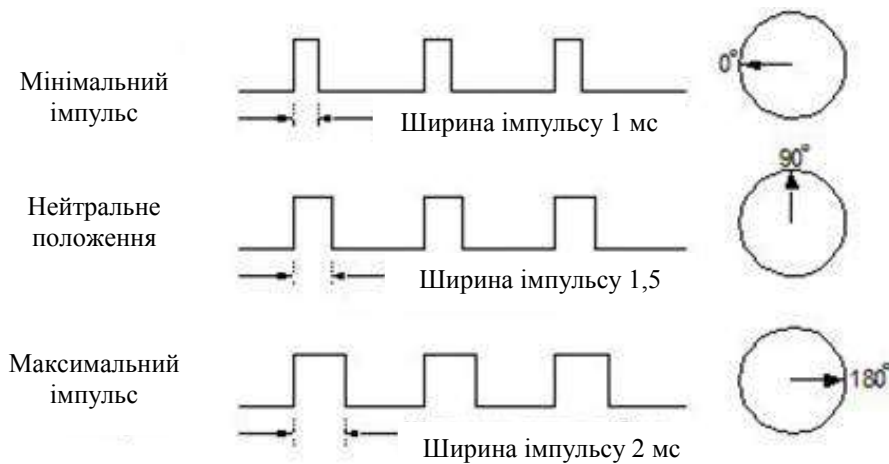
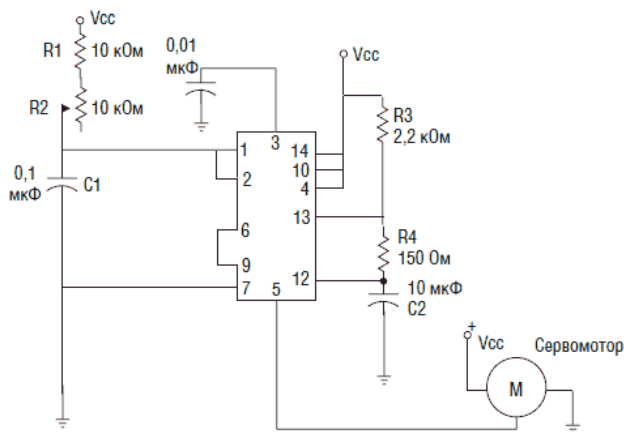
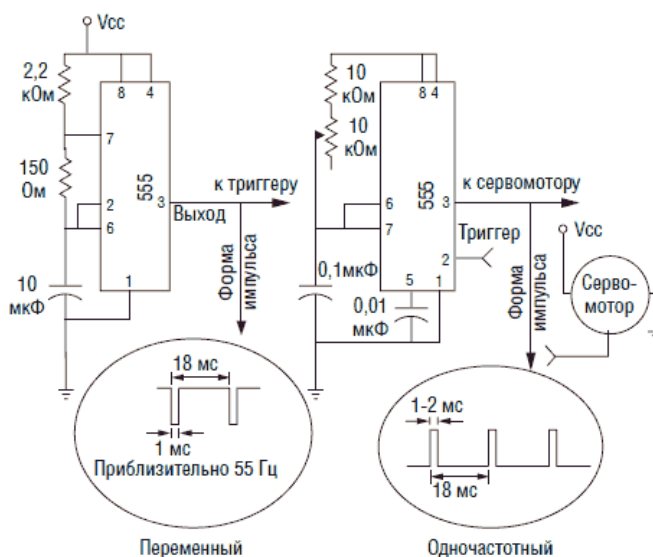


Рисунок 2.12 - Керуючі імпульси для сервомотора.

Для керування серводвигуном використовується мікроконтролер, який потребує лише кількох простих команд. На малюнку 2.13 показано використання двох таймерів серії 556 для керування серводвигуном. На малюнку 2. 13 використовуються два окремих таймера із серії 555. Перший таймер знаходиться в режимі генерації і випромінює негативний прямокутний імпульс тривалістю 1 мс і частотою 55 Гц. Цей таймер підключений до другого таймера серії 555 в одній схемі вібратора. Коли на контакті 1 з'являється негативний імпульс, єдиний вібратор створює позитивний імпульс на контакті 5. Ширину вихідного позитивного імпульсу можна змінити за допомогою потенціометра 10 кОм. Залежно від типу використовуваного серводвигуна підбираються номінали резисторів R1 і R2. Практична робота з серводвигунами показала, що для обертання вала двигуна в крайні дозволені положення потрібні імпульси тривалістю менше 1 мс або більше 2 мс.



а



б

Рисунок 2.13 - Схема керування сервомотором

Висновок до розділу 2.

Розроблено структурну схему систему терморегулювання трикамерним холодильником компресійного типу. Використавши дану систему керування, можна задати належне переміщення вала серводвигуна, яке буде відповідати закритій, частково відкритій або відкритій заслінці для подачі холодного повітря із морозильної камери до середньої (колокріоскопічної) камери.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

### 3 Розробка конструкції системи терморегулювання трикамерного холодильника компресійного типу

#### 3.1 Розрахунок конструктивних параметрів терморегулюючої заслінки «нульової» камери холодильника компресійного типу

Загальний вигляд конструктивних складових базової моделі холодильника «STINOL-104» КШТ-305 із модернізованою системою охолодження та електричною системою приведений на рисунку 3.1 та 3.2.

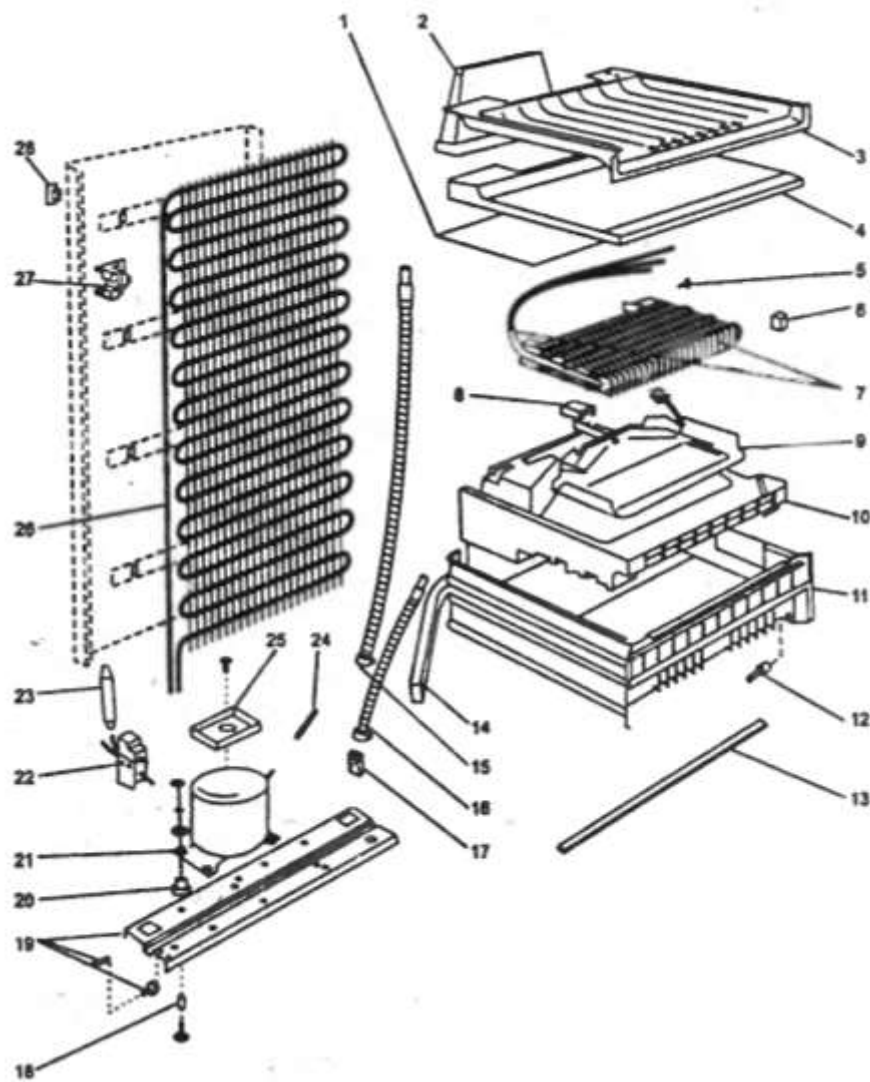


Рисунок 3.1 – Елементи система охолодження холодильника  
«STINOL-104» КШТ-305

Система охолодження складається з алюмінієвого листа 1, повітропроводу 2 для направлення потоку охолодженого повітря, верхнього кожуха 3, ізоляційної перегородки 4, хомути 5, передньої вставки 6, вузла випарника 7 і ізольованої охолоджувальної оболонки. Електропроводка електричної системи холодильної камери 8, відділення 9, перегородка 10, розташована між проміжним відділенням і морозильним відділенням і оснащена механізмом рухомих жалюзі (окремо показано на рисунку.3.4) нижній корпус морозильної камери 11, вставка 12, дві клейкі прокладки 13, 14, дренаж води з холодильної камери 15 і морозильної камери 16, мембрана насадки 17, рукав 18, передній кінець 19, амортизатор 20, пружина стиснення 21, три електромагнітний клапан 22, фільтр-осушувач 23, наповнювальна труба компресора 24, піддон для збору конденсату 25, конденсатор 26, монтажна пластина 27, монтажний кронштейн 28.

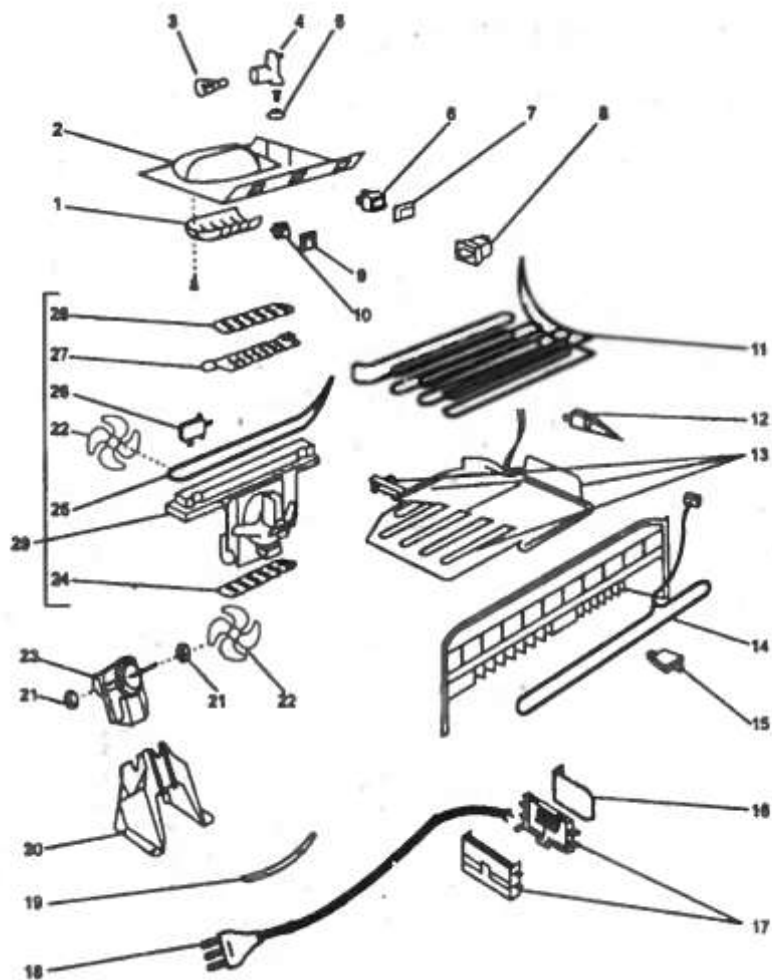


Рисунок 3.2 – Елементи електричної систем  
холодильника «STINOL-104»КШТ-305

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
45

Система живлення холодильника складається з лампи розсіювача світла 1, коробки лампи 2, лампи 3, патрона 4, клеми 5, вимикача 6, захисної кришки 7, кнопки 8, захисної кришки 9, вимикача лампи 10, нагрівального елемента випарника 11, складається з термостата 12, піддона випарника 13, нагрівального елемента протоконденсату 14, перемикача вентилятора 15, монтажної пластина 16, клемна коробка 17, кабелю живлення 18, тримача кабелю 19, консолі двигуна вентилятора 20, опорного диску 21, колеса вентилятора 22, двигуна вентилятора 23, розділової пластина 24, нагрівального елемента 25, серводвигуна 26, що приводить в рух розділювальну плиту 24, серводвигуна 26, що збільшує або зменшує потік повітря від морозильника до проміжної камери, решітка 27, верхньої пластини 28, регулятора подачі повітря 29.

На рисунку 3.3 представлені елементи панелі керування компресійного холодильника.

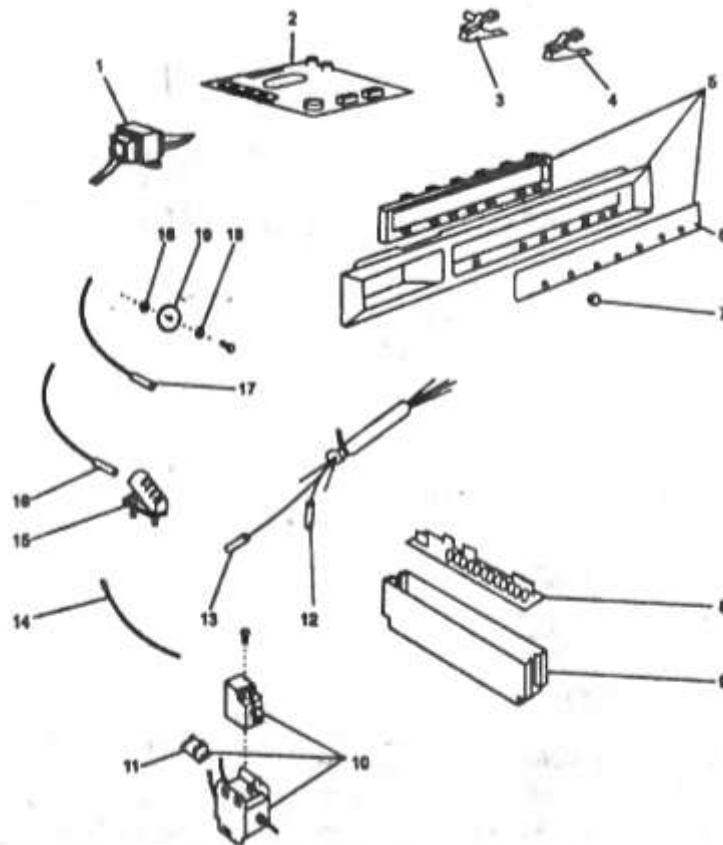


Рисунок 3.3 - Елементи панелі керування компресійного холодильника  
«STINOL-104» КШТ-305

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
46



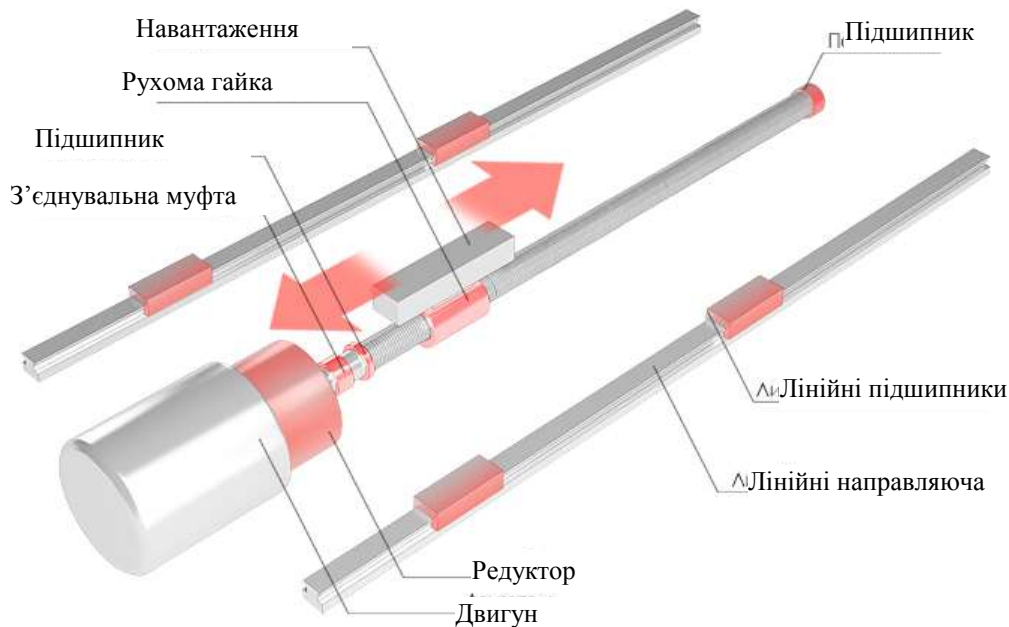


Рисунок 3.5 – Загальний вигляд сервопривода заслінки рухомої

Конфігурація приводу включає в себе двигун, коробку передач, зчеплення, підшипник ковзання, лінійний підшипник, рухому гайку, вантаж і лінійну напрямку, яка приводить в дію пластину перегородки заслінки, щоб відкривати і закривати потік повітря в деформовану повітряну камеру.

### 3.2 Підбір серводвигуна приводу терморегуючої заслінки холодильника компресійного типу

Більшість сервоприводів, для підключення до виконавчих механізмів використовують три дроти для роботи. Кабель живлення (зазвичай 4,8 В або 6 В), загальний (земля) кабель і сигнальний кабель. Керуючий сигнал передає інформацію про бажане положення вихідного вала. Вал з'єднаний з потенціометром, який визначає його положення. Керування сервоприводом використовує опір потенціометра і значення керуючого сигналу, щоб визначити, в якому напрямку повинен обертатися двигун, щоб отримати бажане положення вихідного вала. Чим вища напруга живлення сервоприводу, тим швидше він працює і тим більший крутний момент створює.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

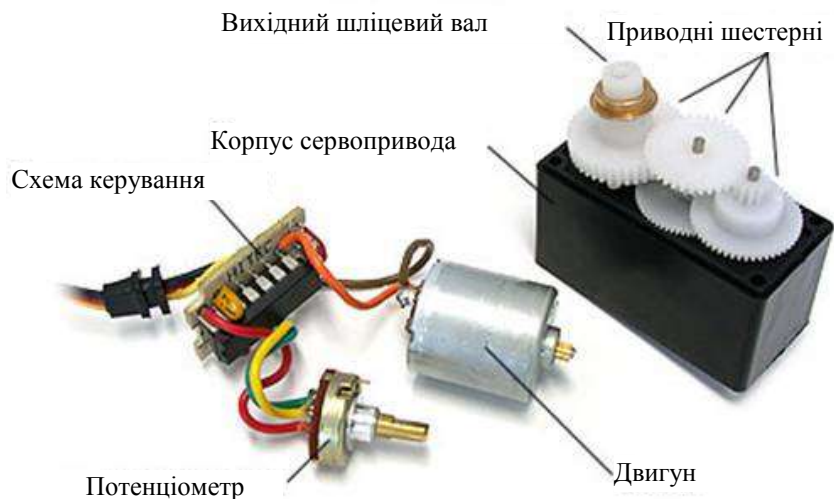


Рисунок 3.6 – Загальний вигляд елементів конструкції сервопривода

Характеристика сервоприводів. Розміри «Мікро», «Міні», «Стандарт», «Гігант». Розміри можуть дещо відрізнятися в кожному класі. Еталонний середній розмір сервоприводу: Мікро: 24 мм x 12 мм x 24 мм, вага: 5-10 м. Міні: 30 мм x 15 мм x 35 мм, вага 25 г; Стандартний вихід: 40 мм x 20 мм x 37 мм Вага: 50-60 м.

Швидкість сервоприводів вимірюється часом повороту кріплення сервоприводу на кут 60 градусів при напрузі живлення 4,8 В та 6 В.

Наприклад, серводвигун з параметрами 0,22 с / 60 градусів при 4,8 В поверне вал на 60 градусів за 0,22 секунди при напрузі живлення 4,8 В. Це не так швидко, як здається. Найшвидший сервопривід має час проходження від 0,06 до 0,09 секунди.

Кути повороту валу сервоприводу 60, 90 і 180 градусів. Кут повороту обмежується електронно та механічно. Є сервоприводи, що не мають обмежень і обертаються на 360 градусів. Якщо є сервопривід із діапазоном руху 60 градусів, єдиний спосіб розширити це – змінити конструкцію сервоприводу. У деяких випадках дальність можна збільшити спеціальними методами, що спотворюють керуючий сигнал.

Крутний момент сервоприводу вимірюється вагою вантажу (кг), який сер-



ся по сигнальній лінії. Це називається широтно-імпульсною модуляцією. Сервопривід чекає на імпульс кожні 20 мс. Тривалість імпульсу визначає, наскільки двигун обертається. Наприклад, імпульс тривалістю 1,5 мс визначає поворот двигуна на 90 градусів (нейтральне положення).

Коли сервопривід отримує команду руху, він переміщується в це положення та утримує його. Якщо зовнішня сила застосована, коли сервопривід утримує задане положення, сервопривід спробує переміститися з цього положення. Максимальна сила, яку може витримати сервопривод, характеризує крутний момент сервоприводу. Однак сервопривід не підтримує своє положення постійно, тому імпульс позиціонування потрібно повторювати, щоб сказати сервоприводу зберігати своє положення.

Якщо імпульс, надісланий до сервоприводу, коротший за 1,5 мс, сервопривід поверне вихідний вал на кілька градусів проти годинникової стрілки та утримає це положення. Зворотнє відбувається, якщо імпульс довше 1,5 мс. Мінімальна та максимальна ширина імпульсів, які керують сервоприводом, є характеристиками конкретного сервоприводу. Різні марки і навіть різні сервоприводи однієї марки мають різні мінімальні та максимальні значення. Зазвичай мінімальна тривалість імпульсу становить приблизно 1 мс, а максимальна – 2 мс.

За допомогою програм на «Бібліотека Servo» Код доступу <https://doc.arduino.ua/ru/prog/Servo> виконуємо програмування сервопривода за слінки та приводимо програму у додатку 1.

За допомогою безкоштовної програми на офіційному сайті <https://doc.arduino.ua/ru/prog/Servo> виконуємо основні розрахунки з підбору серводвигуна та основних параметрів сервопривода. Рекомендації використаємо для вибору сервопривода

У рекомендаціях дана швидкість, час розгону, довжина шляху розгону, довжина шляху із постійною швидкістю, час руху сервомотора із постійною швидкістю.

Рекомендується сервопривод із певною потужністю переміщення, для цього визначається силу опору коливанню, статичний коливальний момент, прискорююча сила, момент динамічний, момент сумарний, момент динамічний при гальмуванні.

Вибираються параметри редуктора, зокрема частота обертання та передачне відношення. Визначаються точність позиціонування системи.

Вибирається тип двигуна. Для цього визначається крутний та динамічний момент і зовнішній момент інерції. Здійснюється перевірка параметрів вибраного двигуна.

Вибирається тип електроніки приводу. Для цього визначаємо максимальний струм та середня величину струму, і відповідно до цього підбирається модуль.

### 3.3 Розрахунок механізму переміщення терморегулюючої заслінки модернізованого холодильника

Розраховуємо значення осьових та радіальних навантажень на кінці вала двигуна. Граничні значення осьових навантажень вказані у додатку 4.

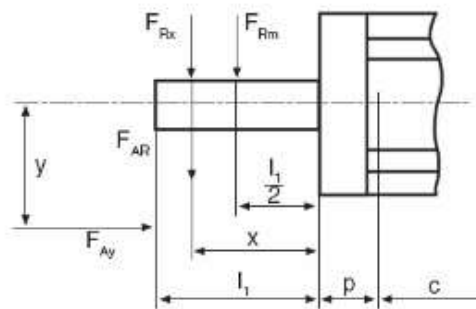


Рисунок 3.10 – Розрахункова схема вала серводвигуна

Радіальна сила на валу двигуна визначається за формулою:

$$F_R = \frac{c + p + 0,5l_1}{c + p + x} \cdot \quad (3.1)$$

Осьова сила на валу двигуна визначається за формулою:

$$F_{AR} = \frac{y}{p + x}. \quad (3.2)$$

Мінімальний допустимий розмір зовнішніх компонентів вала двигуна обчислюється за формулою:

$$d_1 = \frac{2kM_F}{F_R}, \quad (3.3)$$

де  $k$  – коефіцієнт передачі.

$$d_1 = \frac{2kM_F}{F_R}.$$

За програмою сайту <https://doc.arduino.ua/ru/prog/Servo>) розраховуємо наступні параметри проектованої заслінки. Результати обчислень представлені в додатку 4.

### 3.4 Розрахунок конструктивних та енергетичних параметрів холодильного агрегату холодильника із удосконаленою системою терморегулювання

В ході роботи над кваліфікаційною роботою бакалавра зроблено модернізацію нашої системи терморегулювання компресійного холодильника із можливістю змінювати об'єм морозильної камери шляхом застосування регульованої заслінки.

У результаті модернізації змінюється величина теплонадходжень та тепловтрат у холодильну камеру, а відповідно і холодопродуктивність нашого модернізованого холодильника.

Тому в цьому підрозділі нам потрібно зробити перевірочний розрахунок теплового навантаження холодильного агрегата, визначити холодопродуктивність агрегата з урахуванням нашої модернізації компресійного холодильника.

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

Вихідні дані для розрахунку:

- холодильник компресійний;
- внутрішній робочий об'єм 305 дм<sup>3</sup>;
- внутрішній об'єм холодильної камери 133 дм<sup>3</sup>;
- внутрішній об'єм низькотемпературної камери 80 дм<sup>3</sup>;
- тип виконання холодильника - для помірних широт:  $t_{\text{нс.ср.}} = 32^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{НТК}} = -18^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{хк}} = 0 \dots +5^{\circ}\text{C}$ ;
- холодильний агент R 134A.  $T_0 = -25^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\text{к}} = 55^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\text{вс}} = 10^{\circ}\text{C}$ ;
- ізоляційний матеріал – пінополіуритан;
- зовнішня шафа - вуглецева листовая сталь (Ст3);
- внутрішня шафа - полістирол.

Визначення величини теплопритоків через стінки холодильної камери за формулою:

$$Q_1 = k \cdot F \cdot \Delta T, \quad (3.4)$$

де  $Q_1$  – теплоприток через стінки холодильної камери, Вт;  $k$  - коефіцієнт теплопередачі, Вт / мК;  $\Delta T$  - різниця температур по обидві сторони стінки холодильника, К;  $F$  - площа зовнішньої поверхні модернізованого холодильника, м<sup>2</sup>.

Коефіцієнт теплопередачі визначається як сумарний коефіцієнт теплопередачі через усі шари теплоізоляції холодильника:

$$k = 1 / (1/\alpha_{\text{н}} + \delta_1 / \lambda_1 + \delta_2 / \lambda_2 + \dots + \delta_n / \lambda_n + 1 / \alpha_{\text{вн}}), \quad (3.5)$$

де  $\alpha_{\text{н}}$  – коефіцієнт теплопередачі із зовнішньої поверхні холодильника, Вт / мК;  $\alpha_{\text{вн}}$  – коефіцієнт теплопередачі із внутрішньої поверхні холодильника, Вт / мК;  $\delta$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

– товщина окремих шарів конструкції теплоізоляції холодильника;  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності кожного шару ізоляційного матеріалу.

Розрахунок проводиться в такій послідовності:

Для початку записуємо всі можливі коефіцієнти теплопередачі через стінки холодильника.

1) Коефіцієнт теплопередачі холодильної камери за формулою (3.4)

$t_1$  - температура навколишнього середовища,  $t_2$  - температура всередині холодильної камери,  $\delta_1$  - товщина зовнішнього корпусу,  $\delta_2$  - товщина теплоізоляції ізоляції,  $\delta_3$  - товщина внутрішнього корпусу,  $\lambda_1$  - коефіцієнт теплопровідності сталі,  $\lambda_2$  - коефіцієнт теплопровідності пінополіуритана,  $\lambda_3$  - коефіцієнт теплопровідності полістиролу  $\alpha_{\text{н}} = 22,7$  Вт/мК,  $\alpha_{\text{вн}} = 9$  Вт/мК,  $\lambda_1 = 81$  Вт/мК,  $\lambda_2 = 0,029$  Вт/мК,  $\lambda_3 = 0,14$  Вт/мК.

Всі інші дані візьмемо з урахуванням зовнішніх умов або виберемо конструктивно  $t = 32^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 0^\circ\text{C}$ ,  $\delta_1 = 0,6$  мм,  $\delta_2 = 33$  мм,  $\delta_3 = 2$  мм,  $k_1 = \text{Вт/мК}$

2) Коефіцієнт теплопередачі низькотемпературної камери за формулою (3.4)

$t = 32^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = -20^\circ\text{C}$ ,  $\delta_1 = 0,6$  мм,  $\delta_2 = 44$  мм,  $\delta_3 = 2$  мм,  $\alpha_{\text{вн}} = 3,5$  Вт/мК,  $k_2 = \text{Вт/мК}$

Записуємо та визначаємо геометричні розміри модернізованого холодильника

Об'єм холодильної камери визначається за формулою:

а) геометричні розміри низькотемпературної камери (НТК)

$$V_{\text{нтк}} = a \cdot b \cdot h_{\text{нтк}}, \quad (3.6)$$

де  $h_{\text{нтк}}$  - висота низькотемпературної камери,  $b$  - глибина морозильної камери,  $b = 0,06$ ;  $a$  - ширина морозильної камери,  $a = 0,06$ ;  $V_{\text{нтк}}$  - внутрішній робочий об'єм НТК – 80 дм<sup>3</sup>.

Визначимо висоту низькотемпературної камери:

$$V_{нтк} = (0,06 - 0,08 \cdot 2)(0,06 - 0,08 \cdot 2)h_{нтк}. \quad (3.7)$$

$$h_{нтк} = \frac{0,08}{0,1936} = 0,413 \text{ м.}$$

Визначимо габаритний розмір низькотемпературної камери з урахуванням ізоляції та перегородки та враховуючи те, що висота відміряється від середньої лінії в перегородці 1 - внутрішня і зовнішня стінка, 2 - ізоляційний шар.

$$h_1 = h_{нтк} + (8 + 5). \quad (3.8)$$

$$h_1 = 0,413 + (8 + 5) = 13,413 \text{ м.}$$

б) геометричні розміри холодильної камери (ХК)

Внутрішній об'єм холодильної камери:  $V_{хк} = 133 \text{ дм}^3$

Об'єм холодильної камери визначається за формулою:

$$V_{хк} = a \cdot b \cdot h_1, \quad (3.9)$$

де  $h_{хк}$  – дійсна висота холодильної камери;  $V_{нтк}$  - внутрішній робочий об'єм НТК –  $133 \text{ дм}^3 = 0,133 \text{ м}^3$ ;  $b$  - глибина морозильної камери,  $b=0,06$ ;  $a$  - ширина морозильної камери,  $a=0,06$ .

Товщина ізоляції та перегородки холодильної камери  $80 \text{ мм} = 0,08 \text{ м}$ .

$$V_{хк} = (0,06 - 0,08 \cdot 2)(0,06 - 0,08 \cdot 2)h_{хк}. \quad (3.10)$$

$$h_{хк} = \frac{0,133}{0,1936} = 0,686 \text{ м.}$$

Визначимо габаритний розмір холодильної камери, із урахуванням ізоляції перегородок та враховуючи те, що висота відміряється з урахуванням середньої лінії:

$$h_2 = h_{xm} + (8 + 5) = 68,6 + 13 = 0,817 \text{ м}$$

в) геометричні розміри «нульової» камери для зберігання овочів і фруктів:  
Внутрішній об'єм «нульової камери»:  $V_{xk} = 92 \text{ дм}^3$ .

Об'єм холодильної камери визначається за формулою:

$$V_{xk} = a \cdot b \cdot h_1$$

де  $h$  - дійсна висота «нульової» камери  $V_{xk} = 92 \text{ дм}^3 = 0,092 \text{ м}^3$ ,  $b$  - глибина «нульової» камери,  $b=0,06$ ;  $a$  - ширина «нульової» камери,  $a=0,06$ .

Товщина ізоляції та перегородки  $80 \text{ мм} = 0,08 \text{ м}$ .

$$V_{xk} = (0,6-0,08 \cdot 2)(0,6-0,08 \cdot 2) h_{нк}$$

$$h_{нк} = 0,092/0,1936 = 0,475 \text{ м}$$

Визначимо габаритний розмір холодильної камери, із урахуванням ізоляції перегородок та враховуючи те, що висота відміряється з урахуванням середньої лінії:

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

Загальна висота модернізованого холодильника визначається виразом:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 = 0,454 + 0,817 + 0,605 = 1,85 \text{ м}$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## Висновки до третього розділу

Було розроблено і розраховано механізм переміщення заслінки для трансформації «нульової» камери модернізованого холодильника.

Крім того, за допомогою сучасних програмних продуктів з мережі Internet було здійснено підбір відповідного сервоприводу для переміщування заслінки та виконано основні розрахунки, що підтверджують працездатність цієї конструкції.

Виконано перевірочний розрахунок холодопродуктивності холодильника з врахуванням зміни об'єму низькотемпературної камери шляхом трансформації трикамерного холодильника у двокамерний зі збільшеним об'ємом низькотемпературного відділення

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі здійснено огляд інформаційних джерел по конструкціях компресійних холодильників та системах регулювання температури в холодильних камерах.

Проаналізувавши існуючі зразки холодильних агрегатів та систем для регулювання температури усередині холодильників, було зроблено висновок, що більшість з них уже застарілі та малоефективні для використання в сучасних побутових компресійних холодильниках.

Нинішні системи для регулювання температурних параметрів в холодильних камерах, такі як No Frost набагато ефективні, проте також потребують також модернізації для більш ефективної роботи.

В роботі було описано призначення базової моделі компресійного холодильника STINOL-104, який використано для модернізації шляхом впровадження системи регулювання температури.

Розроблено систему регулювання температурних параметрів всередині холодильника, шляхом трансформації «нульової» (блізкріоскопічної) камери холодильника у низькотемпературне відділення холодильника.

Було розроблено і розраховано механізм переміщення заслінки для трансформації «нульової» камери модернізованого холодильника.

Крім того, за допомогою сучасних програмних продуктів з мережі Internet було здійснено підбір відповідного сервоприводу для переміщування заслінки та виконано основні розрахунки, що підтверджують працездатність цієї конструкції.

Виконано перевірочний розрахунок холодопродуктивності холодильника з врахуванням зміни об'єму низькотемпературної камери шляхом трансформації трикамерного холодильника у двокамерний зі збільшеним об'ємом низькотемпературного відділення.



10. Технічні інформація плати керування сервоприводом. Код доступу: <https://www.teachmemicro.com/arduino-servo-motor-tutorial/>

11. Технічні інформація плати керування на базі мікроконтролера ATmega2560. Код доступу: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Mega2560>

12. Сайт компанії DELTA. Код доступу: <https://www.delta-electronics.info/ASDAA2>

13. Худолій С.С. та ін. Методичні рекомендації до лабораторних робіт з дисципліни «Сервоприводи» для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Д. : НТУ «ДП», 2021. – 39 с.

14. Скиба М.Є., Іщук В.І. Експлуатація, обслуговування та ремонт машин. Посібник. - Хмельницький: ХНУ, 2005. – 209 с.

15. Проектування ремонтних та технологічних цехів галузі: методичні вказівки до виконання розрахунково-графічних робіт для студентів напряму підготовки «Машинобудування» Г.Б.Параска, С.В.Смутко, С.П.Лісевич. - Хмельницький: ХНУ, 2010. – 63 с.

# ДОДАТКИ

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		62

