

**Тимошенко А.В., бакалавр, Шинкаренко В.В., бакалавр,
Демішонкова С.А., к.т.н., доц.**

Київський національний університет технологій та дизайну

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПОБУТОВОГО ХОЛОДИЛЬНИКА З МЕТОЮ ПОКРАЩЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ

Анотація. Робота присвячена удосконаленню конструкції побутового двокамерного компресійного холодильника шляхом введення в конструкцію гідравлічної системи холодильника електромагнітного клапану і ресивера, що забезпечує можливість керування тепловими режимами його роботи. В роботі вперше теоретично обґрунтовано можливість регулювання холодопродуктивності і температурних режимів холодильника шляхом змінення умов циркуляції і дроселювання холодоагенту в гідравлічній системі. Виконано розрахунки електромагнітного клапану, на основі яких було розроблено його конструкцію. Результати дослідження можуть бути використані для вдосконалення конструкцій побутових холодильників.

Ключові слова: побутовий компресійний холодильник; гідравлічна схема; електромагнітний клапан; ресивер; тепловий режим охолодження.

Tymoshenko A.V., Shinkarenko V.V., Demishonkova S.A.

Kyiv National University of Technologies and Design

IMPROVEMENT OF THE HOUSEHOLD REFRIGERATOR WITH THE PURPOSE OF IMPROVEMENT OF TEMPERATURE REGIMES

Abstract. The work is devoted to improving the design of a domestic two-chamber compression refrigerator by introducing into the design of the hydraulic system of the refrigerator a solenoid valve and a receiver, which provides the ability to control the thermal modes of its operation. For the first time, the possibility of regulating the refrigeration capacity and temperature regimes of the refrigerator by changing the conditions of circulation and throttling of the refrigerant in the hydraulic system is theoretically substantiated. The calculations of the solenoid valve on the basis of which its design was developed are executed. The results of the study can be used to improve the design of household refrigerators.

Keywords: household compression refrigerator; hydraulic circuit; solenoid valve; receiver; thermal cooling mode.

Вступ. На даний час оснащеність населення нашої країни побутовими холодильними машинами досягла високого рівня. Не дивлячись на постійне вдосконалення конструкцій холодильників, морозилок і комбінованих холодильників-морозилок, енергетичні витрати на виробництво холоду в побуті залишаються високими.

Зростання енергоспоживання обумовлене тенденціями розвитку побутової холодильної техніки, направленими на збільшення внутрішніх об'ємів камер, розширення функціональних можливостей, створення моделей призначених для експлуатації при підвищених теплових навантаженнях. Сукупність перерахованих чинників і значних втрат в основних термодинамічних процесах циклу холодильного агрегату є причиною низької енергетичної ефективності побутових холодильників. Проблема підвищення енергетичної ефективності компресійних холодильників на основі зниження втрат робочих процесів і підвищення ступеня термодинамічної досконалості циклу холодильного агрегату є актуальною і має важливе практичне значення.

Одним з найбільш значущих чинників, що визначають енергетичні показники холодильника, є технічний рівень герметичного компресора. Вживані в даний час герметичні високооборотні компресори мають порівняно низькі теплоенергетичні характеристики, обумовлені недосконалістю їх конструктивного виконання і високим

температурним рівнем. Використовувані для зниження температурного рівня компресора системи охолодження недостатньо ефективні, оскільки не роблять істотного впливу на температурно-енергетичні показники холодильного агрегату і холодильника.

Постановка завдання. Актуальність дослідження пов'язано з подальшим проведенням комплексу теоретичних і експериментальних досліджень робочих процесів герметичних компресорів з системами охолодження, обґрунтуванням методу зниження енергетичних витрат на здійснення циклу холодильного агрегату, заснованого на інтенсивному відведенні теплоти від компресора. Вирішення вказаної проблеми вимагає розробки конструктивних рішень побутових холодильників з системами охолодження компресора, методів оцінки ефективності різних систем охолодження, методик експериментальних досліджень. Реалізація підвищення енергетичної ефективності побутових холодильників пред'являє додаткові вимоги до теоретичних, експериментальних рішень, конструктивних розробок і визначає наукову новизну і значущість досліджень.

Об'єктом дослідження є процеси ефективного відведення теплової енергії в холодильних системах. Предметом дослідження є агрегат побутового холодильника компресійного типу.

Методологічною і теоретичною основою дослідження служать основні положення теорії електроприводу та методи розрахунку холодильних машин.

Наукова новизна полягає в тому, що вперше теоретично обґрунтовано можливість ефективного використання електромагнітного клапану і ресивера в гідравлічних системах холодильників і визначено їх необхідні електричні і конструктивні параметри.

Існують різні способи зміни холодопродуктивності холодильників. Одні з них здійснюються зовнішніми пристроями, інші реалізуються за допомогою конструктивних вузлів, вбудованих в компресор [1].

Холодопродуктивність компресора повинна відповідати тепловому навантаженню холодильної установки. Ця умова описується у вигляді рівняння теплового балансу [1]:

$$Q_y = c \cdot V \cdot n \cdot z \cdot \lambda \cdot q_v \cdot \tau / \tau_{ov}, \quad (1)$$

де Q_y – теплове навантаження установки;

c – коефіцієнт пропорційності;

V – робочий об'єм циліндра компресора;

n – частота обертання;

z – число циліндрів;

λ – коефіцієнт подачі, що характеризує заповнення об'єму циліндрів;

q_v – об'ємна холодопродуктивність компресора;

τ – час роботи установки;

τ_{ov} – тривалість охолодження випарника (відсмоктування пари холодильного агенту) за час роботи установки.

Безпосереднє вимірювання теплового навантаження установки складне, тому його визначають побічно – по температурі (тиску) кипіння холодильного агенту. Якщо продуктивність компресора і теплове навантаження установки рівні, тиск і температура кипіння постійні. Якщо теплове навантаження більше продуктивності, то в випарниках утворюється більше пари, чим відсмоктується компресором, і тиск (температура) кипіння підвищується, і навпаки. Таким чином, для підтримки постійної температури кипіння необхідно змінювати продуктивність компресора. У зв'язку з цим регулювання

температури (тиск) в холодильній техніці прийнято називати регулюванням продуктивності компресорів [2].

Продуктивність компресора зазвичай регулюють по температурі кипіння, тиску кипіння або близькому до нього тиску всмоктування. Зміна продуктивності компресорів може бути плавною або позиційною.

Плавне регулювання шляхом зміни частоти обертання показано на рис. 1, а. Регулятор тиску PSC підтримує постійний тиск всмоктування, плавно змінюючи частоту обертання. При цьому способі регулювання продуктивність компресора і теплове навантаження зрівнюються, проте ускладнюється конструкція електроприводу (необхідно застосовувати двигуни постійного струму або двигуни змінного струму з частотними перетворювачами).

Плавне регулювання продуктивності компресора може проводитися дроселюванням всмоктуваного газу за допомогою регулятора тиску прямої дії «до себе» (рис. 1, б). При зниженні теплового навантаження у випарнику утворюється менше пари і тиск (температура) кипіння падає. Регулятор температури ТС (тиск PS), підтримуючи тиск «до себе» постійним, прикриває клапан і зменшує приток холодоагенту. При цьому збільшується перепад на клапані, тиск всмоктування зменшується, знижуються об'ємна продуктивність компресора q_v і, отже, його загальна холодопродуктивність, як видно з формули (1). Цей спосіб простий, але енергетично не вигідний.

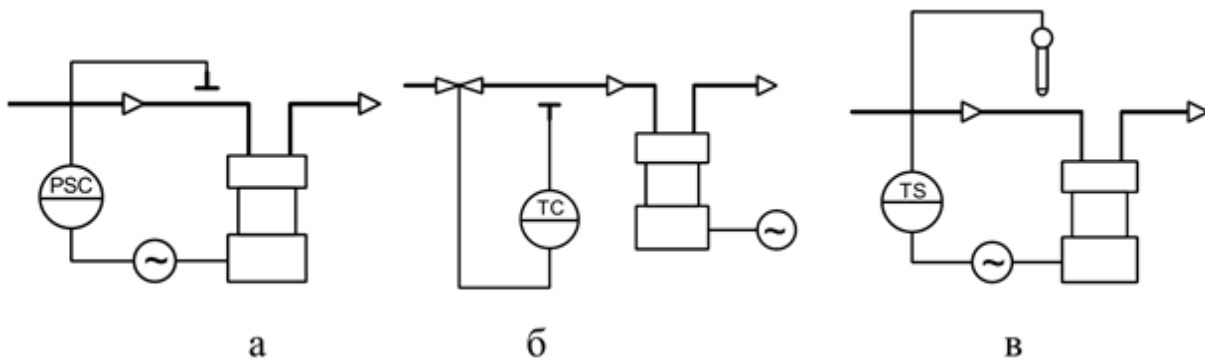


Рис. 1. Схеми регулювання температури (тиску) кипіння

Найбільш простим, раніше поширеним, є позиційний спосіб регулювання шляхом пуску і зупинки компресора від термостату або пресостату (рис. 1, в). При пониженні температури або тиску кипіння термостат TS (пресостат PS) зупиняє компресор, при підвищенні – включає його в роботу.

Окрім розглянутих вище способів, існують інші способи регулювання продуктивності компресора. До них можна віднести: автоматичний перепуск частини стислого газу з нагнітальної лінії у всмоктувальну порожнину, ступінчасте регулювання за допомогою багатошвидкісних двигунів, зміну об'єму камери гвинтових компресорів, відключення частини циліндрів багатопоршневих компресорів та інші [3].

Метою дослідження є вивчення ефективності використання в компресійних холодильних системах електромагнітного клапану і ресивера і визначення їх необхідних електричних і конструктивних параметрів.

Результати досліджень. Електромагнітні клапани в сучасних холодильниках з одним компресором і двома випарниками зазвичай використовують для забезпечення незалежного регулювання температур в різних камерах [4–6]. Подачу холодоагенту в різні випарники здійснюють паралельно через капілярні трубки різної довжини і різного опору.

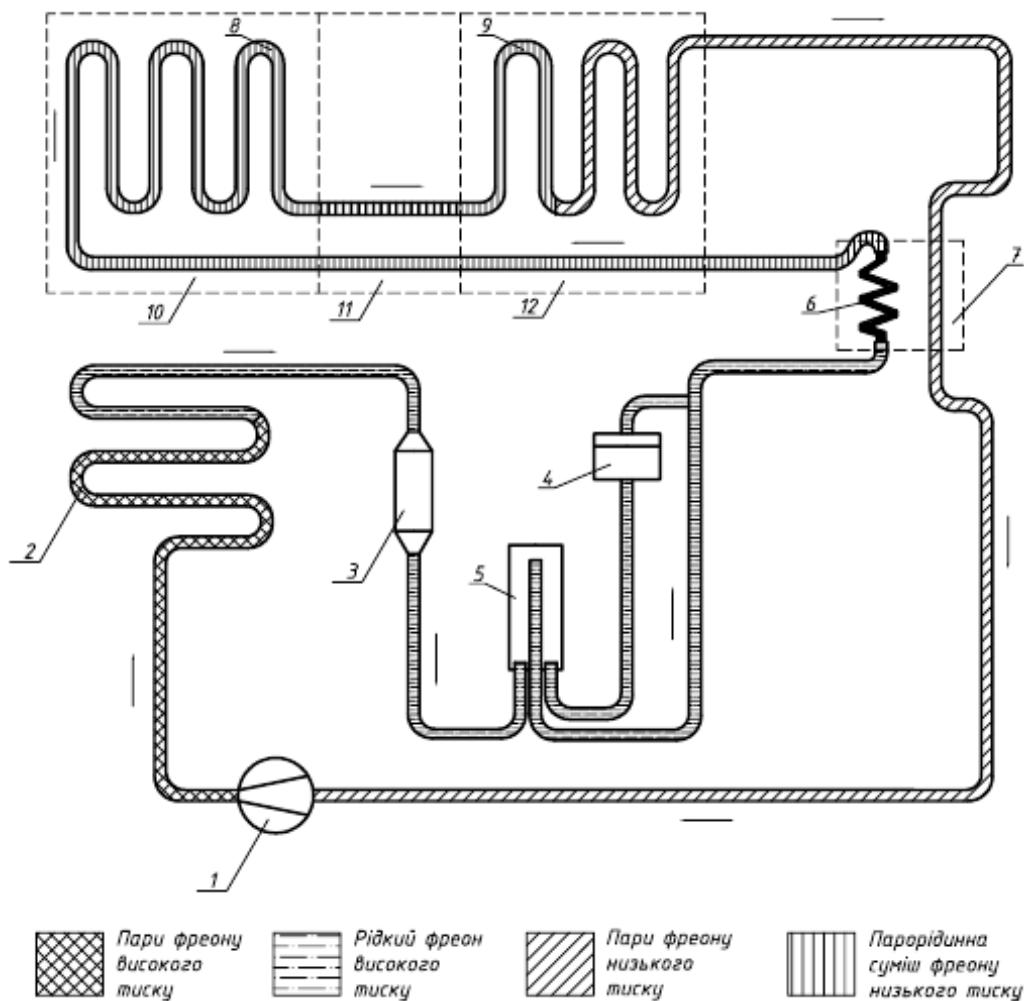
Найбільш проста двоконтурна схема охолодження застосовується на холодильниках «Атлант». Вона включає електромагнітний клапан, що перекидає подачу холодоагенту у випарник холодної камери. При закритому клапані

холодоагент з конденсатора у випарник холодильної камери поступає по обвідній капілярній трубці, але вже в меншій кількості. Температуру в холодильній камері регулює електромагнітний клапан, незалежно від температури в морозильній камері. Температурою в морозильній камері управляє терморегулятор за рахунок регулювання тривалості робочого циклу компресора.

У складніших двоконтурних схемах встановлюють клапани, що перекривають вступ холодоагенту в обидва випарники по черзі. У такий спосіб забезпечується незалежне регулювання температур в кожній з камер за допомогою електронного блоку управління. Аналогічні схеми охолодження застосовують на холодильниках "Snaige" і моделях китайського виробництва.

Отже, модернізація холодильного агрегату двохкамерного компресійного холодильника можлива шляхом введення в його гідравлічну систему електромагнітного клапану, який може регулювати інтенсивність потоку холодоагенту в випарники. Тим самим можна буде регулювати холодопродуктивність агрегату не тільки ввімкненням – вимкненням компресора, а й за допомогою ввімкнення – вимкнення електромагнітного клапану.

Гідравлічна схема холодильника з електромагнітним клапаном і ресивером [7] показана на рис. 2.



1 – компресор; 2 – конденсатор; 3 – фільтр-осушувач; 4 – електромагнітний клапан; 5 – ресивер; 6 – капілярна трубка; 7 – теплообмінник; 8 – випарник морозильної камери; 9 – випарник холодильної камери; 10 – морозильна камера; 11 – камера для овочів і фруктів; 12 – холодильна камера.

Рис. 2. Схема гідравлічна холодильника з електромагнітним клапаном і ресивером

Згідно схеми на рис. 2 пари холодоагенту поступають в компресор 1, а після їх стиснення поступають в конденсатор 2, де конденсуються. Далі вже рідкий холодоагент через фільтр осушувач 3 подається в ресивер 5. Особливістю роботи холодильника є те, що в залежності від стану електромагнітного клапану можливі два режими роботи його гідравлічної системи:

- при відкритому клапані 4 холодоагент в ресивері 5 не накопичується і поступає в капілярну трубку 6, яка проходить скрізь теплообмінник 7. Після додаткового переохолодження в теплообміннику холодоагент кипить в випарнику морозильної камери 8, прийнявши в морозильній камері певну кількість теплової енергії від продуктів частково випаруваний холодоагент подається в випарник холодильної камери 9. Прийнявши теплоту продуктів в холодильній камері, холодоагент проходить по відсмоктувальному трубопроводі скрізь охолоджуючу частину теплообмінника 7 і далі вже в пароподібному він всмоктується компресором. При такому режимі роботи холодильника в процесі охолодження приймає участь вся доза холодоагенту, що стискується компресором;

- при закритому клапані 4 холодоагент накопичується в ресивері 5 і починає поступати в капілярну трубку тільки після його заповнення до рівня вихідного трубопроводу (переливної трубки). Схема працює з меншою холодопродуктивністю.

До моменту заповнення ресивера в випарнику морозильної камери продовжує випаровуватись залишок холодоагенту і в випарник холодильної камери поступає менша кількість його пари. Холодильна камера починає менше охолоджуватись і відбувається відтавання її випарника за рахунок надходження тепла.

Таким чином, при закритті клапану можливо здійснення відтавання випарника холодильної камери без використання нагрівача.

Електромагнітний клапан розроблено виходячи з наступних вимог до нього:

- повинна бути забезпечена герметичність без застосування ущільнень і роз'ємних з'єднань;
- компактність;
- надійність роботи без періодичного обслуговування;
- простота конструкції.

Дотримуючись цих вимог розроблено конструкцію клапана електромагнітного, яка представлена на рис. 3.

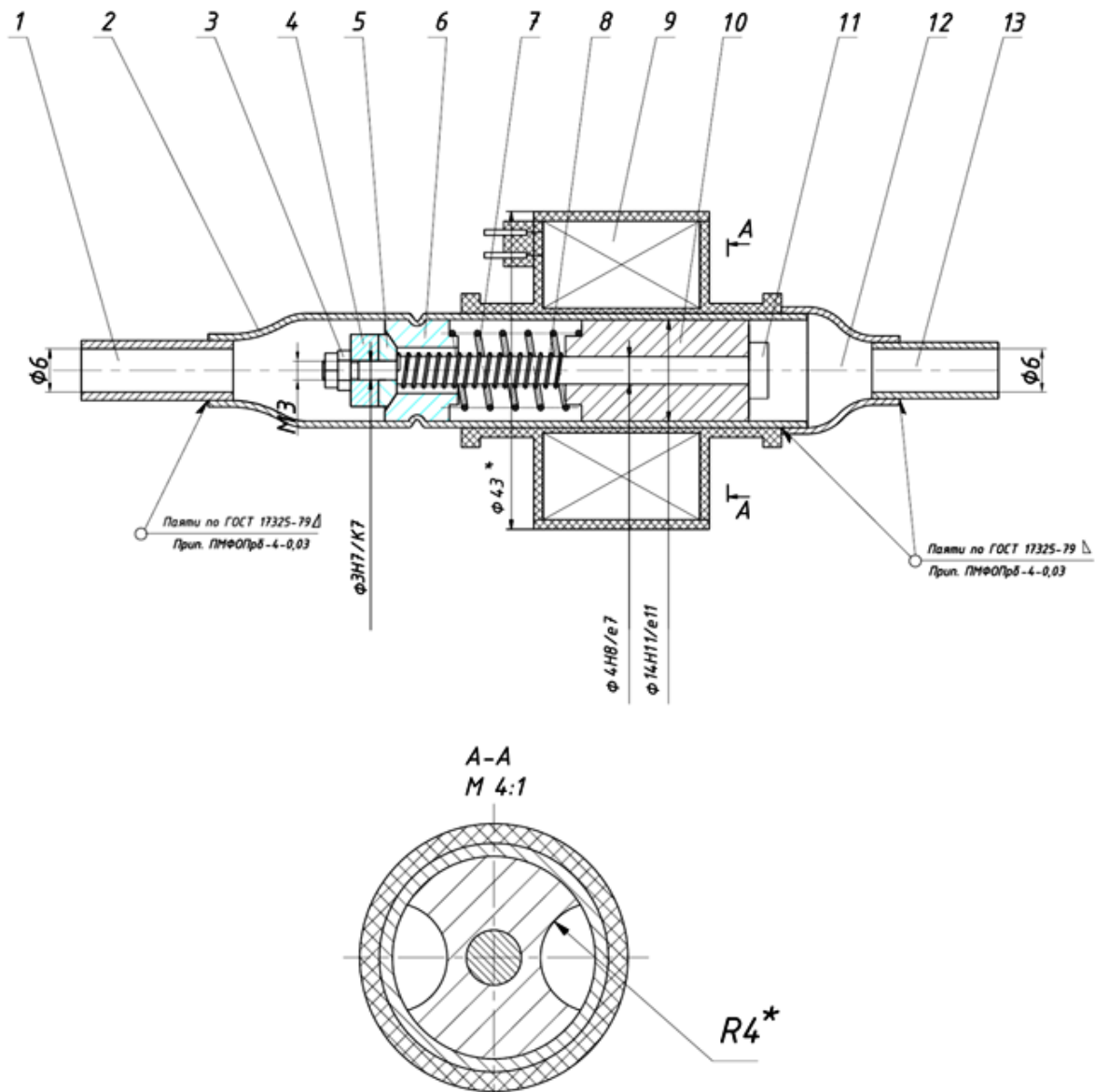
Клапан складається з мідного тонкостінного корпусу 2, в якому з зазором поміщено якір 10 так, що він може вільно переміщуватись поступально. В порожнині корпусу нерухомо (за допомогою кернування, або накатування) встановлено сідловини клапанів 4 і 13.

В осьовому центральному отворі якоря з зазором поміщено шток 12, на кінцях якого за допомогою гайок 3 закріплено шайбу 4 і фторопластову головку 5. Якір утримується в крайньому правому положенні (клапан закритий) за допомогою пружини 7. Зусилля притискання головки лівого клапану до сідловини обумовлено дією пружини 7. На штокові 11 розміщено пружину 8, що обмежує зусилля притискання головки до правої сідловини клапана при крайньому лівому положенні якоря 10.

Вхідний патрубок 1 вляяно безпосередньо в горловину корпусу, а правий в попередньо запаюну кришку 12.

Котушка електромагнітного клапана надівається на корпус з невеликим натягом і фіксується за допомогою сталюого дроту, що обжимає вільні кінці пластикових хомутів. Позиціонування котушки здійснюється переміщенням її до упору в кришку 12.

Для можливості протікання холодоагенту з лівої порожнини клапану в праву при відкритому правому клапані якір виконано з повздовжніми проточками на бічній поверхні, які показано на перерізі А-А (рис. 3).



1 – патрубок вхідний; 2 – корпус; 3 – гайки; 4 – шайба; 5 – головка клапану; 6 – сідловина клапану; 7 – пружина якоря; 8 – пружина штоку; 9 – котушка; 10 – якір; 11 – шток; 12 – кришка; 13 – вихідний патрубок.

Рис. 3. Клапан електромагнітний

Складання електромагнітного клапану здійснюється наступним чином:

- складається вузол, що містить якір, шток, пружину, шайби з головкою і сідловини;
- складений вузол встановлюється в корпус з його відкритого боку;
- виставляється по місцю і фіксується (за допомогою кернування, або накатування) ліва сідловина клапану;
- виставляється по місцю і фіксується (за допомогою кернування, або накатування) права сідловина клапану;
- здійснюється монтаж і пайка кришки корпусу і патрубків.
- встановлюється і фіксується котушка.

Висновки. Нами було виконано розробку, що направлена на вдосконалення двохкамерного побутового компресійного холодильника з метою покращення його температурних режимів. В конструкції агрегату холодильника запропоновано

вдосконалену систему подачі холодоагенту в випарники, яка містить електромагнітний клапан і додатковий ресивер для холодоагенту.

Запропоноване рішення реалізує регулювання холодопродуктивності і температурних режимів холодильника шляхом змінення умов циркуляції і дроселювання холодоагенту в гідравлічній системі.

Виконано розрахунки електромагнітного клапана на основі яких було розроблено його конструкцію.

Практична значимість роботи полягає в тому, що результати дослідження можуть бути використані для вдосконалення конструкцій побутових холодильників.

Список використаної літератури

1. Лепаев Д. А. Устройство и ремонт бытовых холодильников / Д. А. Лепаев. – М.: Легкая индустрия, 1984.
2. Лепаев Д. А. Ремонт бытовых холодильников: справочник / Д. А. Лепаев. – М.: Легпромбытиздат, 1989.
3. Бабакин Б. С. Бытовые холодильники и морозильники / Б. С. Бабакин. – М.: Колос, 1998. – 631 с.
4. Коробков Ю. С. Расчет электромеханических устройств электромагнитного типа / Ю. С. Коробков. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 52 с.
5. Буль О. Б. Методы расчета магнитных систем электрических аппаратов: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / О. Б. Буль. – М.: Издательский центр "Академия", 2005. – 336 с.
6. Румянцев Ю. Д. Калюнов. Холодильная техника: учебник для вузов / Ю. Д. Румянцев, В. С. Калюнов. – СПб.: Профессия, 2015. – 360 с.
7. Патент України №65476. Холодильник двокамерний побутовий / В. І. Ландик, В. А. Яремчук, І. Н. Красновський / 5.03.2004.