

УДК 621.545.92

**ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ  
ПОБУТОВОГО ХОЛОДИЛЬНИКА ЗА РАХУНОК ЗБІЛЬШЕННЯ ШВИДКОСТІ  
ТЕПЛООБМІНУ КОНДЕНСАТОРА****Кузьмич І. А., Петко І. В.**

Київський національний університет технологій та дизайну

**Мета.** Дослідити вплив руху повітря на температурні параметри конденсатора побутового холодильника.

**Методика.** В основу роботи покладено теоретичні та експериментальні методи. Теоретичним обґрунтуванням роботи є положення теплопровідності матеріалів. Дослідження проведені на розробленій експериментальній установці.

**Результати.** Розроблено лабораторний стенд для визначення залежності теплообміну конденсатора від швидкості руху повітря. В ході досліджень отримано результати температурних значень конденсатора та побудовано графіки які показують що ефективність побутового холодильника можна підвищити збільшивши швидкість теплообміну конденсатора.

**Наукова новизна.** Розроблене нове технічне рішення, спрямоване на підвищення ефективності побутового холодильника.

**Практична значимість.** Модернізована конструкція дозволяє зменшити довжину конденсатора та металоємність конструкції холодильного агрегату.

**Ключові слова:** холодильник, компресор, конденсатор, теплообмін, вентилятор

У компресійному холодильному агрегаті компресор всмоктує холодоагент з випарника і подає під тиском в конденсатор, де відбувається його конденсація з газоподібного стану в рідинний [1]. Від швидкості відведення тепла конденсатора залежить ефективність процесу, який характеризується тиском на виході з компресора, зниженням тиску у випарнику і як результат поліпшенням ефективності холодильного циклу.

**Постановка завдання**

Метою даної роботи є розробка нового технічного рішення, яке спрямоване на покращення робочого циклу компресійного холодильника, за рахунок зменшення температури конденсатора, що забезпечить його оптимальні розміри та збільшити корисний об'єм холодильника.

Об'єктом дослідження є побутові компресійні агрегати компресійного типу. Предметом дослідження є способи зменшення температури конденсатора побутових компресійних холодильних агрегатів. Поставлені у роботі задачі вирішуються за допомогою сучасних теоретичних та експериментальних методів досліджень.

### Результати досліджень

Підвищення продуктивності роботи компресійного холодильника може бути досягнуто, шляхом збільшення швидкості теплообміну конденсатора. Ця задача вирішується за рахунок штучного охолодження конденсатора за допомогою вентилятора.

Довжина конденсатора напряму залежить від температурних параметрів хладону: чим більша температура хладону на виході з компресора тим, більша необхідна довжина трубки для його охолодження і конденсації. Довжина трубки конденсатора складається з трьох складових: ділянки охолодження, ділянки процесу конденсації та ділянки охолодження до температури зовнішнього середовища [2].

Довжина ділянки відведення теплоти перегріву:

$$L_{1x} = \frac{G \cdot (i_2 - i_2')}{K \cdot \pi \cdot d_{нар} \cdot \varphi \cdot \left( \frac{t_2 + t_2'}{2} - t_{oc} \right)}$$

де  $\varphi = 4.1$  – коефіцієнт оребрення конденсатора;

$t_2$  – температура хладону на вході в конденсатор;

$t_2'$  – температура конденсації хладону;

$t_{oc}$  – температура навколишнього середовища;

$i_2'$  – температура хладона при конденсації;

$K$  – коефіцієнт теплопередачі.

Довжина другої зони конденсації:

$$L_{2x} = \frac{G_{gx} \cdot R}{K \cdot \pi \cdot d_{нар} \cdot \varphi \cdot (t_k - t_{oc})}$$

де  $R$  – теплота пароутворення хладону,  $R = 93 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$

$d_{нар}$  – зовнішній діаметр конденсатора,  $d_{нар} = 4,75 \text{ мм}$ .

Довжина третьої зони подачі холодоагенту:

$$L_{3x} = \frac{G_{gx} \cdot (i_3 - i_3')}{K \cdot \pi \cdot d_{нар} \cdot \varphi \cdot \left( \frac{t_3 + t_3'}{2} - t_{oc} \right)}$$

Загальна довжина конденсатора:

$$L_x = L_{1x} + L_{2x} + L_{3x}$$

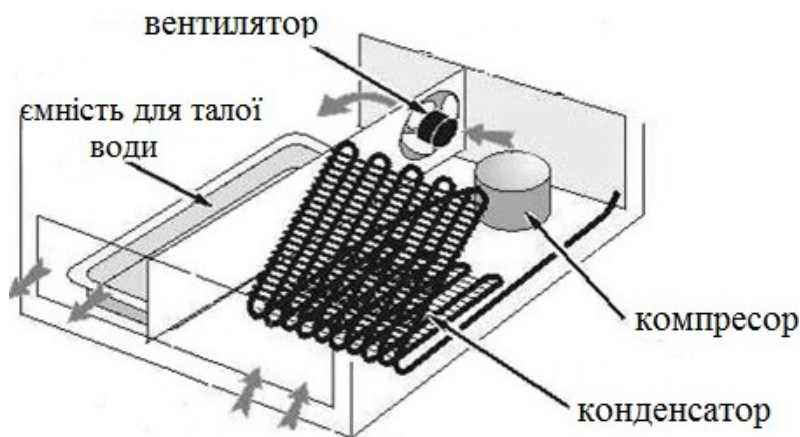


Рис. 1. Схема охолодження і розміщення конденсатора

Для проведення досліджень використано стенд на основі компресійного агрегату побутового холодильника. Для забезпечення роботи вентилятора було використано блок живлення, електрична схема якого представлена на рис. 2.

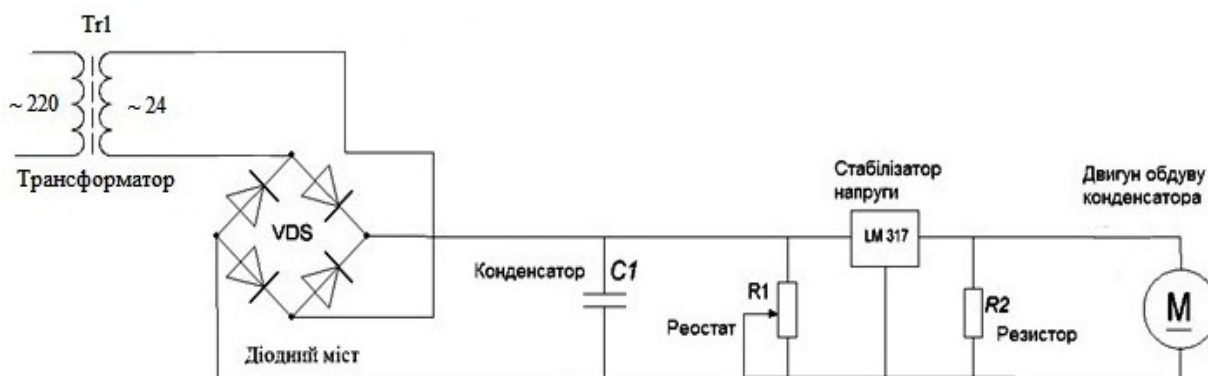


Рис. 2. Електрична схема блоку живлення вентилятора

До складу холодильного агрегату входять механізми та апарати, технічні характеристики яких наступні:

- вентилятор обдуву конденсатора, модель Ebmpapst 6324 (вентилятор має двигун постійного струму, напруга живлення 24 В, потужність 30 Вт, сила струму 1,45 А, максимальна швидкість обертання вала 5000 об/хв.);
- електронний термометр ТРМ - 10 з виносним датчиком (діапазон вимірів від -50 до 110 °С і точністю  $\pm 1$  °С);
- блок живлення (номінальна напруга 24 В, потужність навантаження 50 Вт, струм навантаження 2 А, діапазон регулювання напруги від 0 до 24 В), який забезпечує роботу вентилятора;

- компресор, модель Danfoss SC12FT (потужністю 315 Вт і споживаним струмом 2,7 А) [3];
- вольтметр (діапазон вимірювання напруги: 0-30 В, границя допустимої основної абсолютної похибки 0,1 В);
- клеми для підключення тестера.

Проведення експериментальних досліджень з регулювання холодопродуктивності компресора забезпечується за рахунок терморпари, яка знаходиться в морозильній камері. Терморегулятор включає компресор для того, щоб підтримувати температуру повітря в камері -12 °С (показник регулюється).

Блок живлення, дозволяє регулювати швидкість обертання вентилятора за допомогою перемінного резистора R1 змінюючи опір якого ми змінюємо напругу живлення.

На панелі управління встановлено три високоточні термометри з температурним діапазоном від - 50 °С до + 110 °С та точністю  $\pm 1$  °С, за допомогою яких оцінюється температура в трьох точках конденсатора.

Дослідження на стенді проводиться в такій послідовності:

Коли тумблер перемикається в положення «Вкл», подається напруга на компресор, блок живлення вентилятора вмикається додатковим вмикачем.

Коли температура в морозильній камері досягла заданих параметрів терморегулятор розмикає контакти і компресор припиняє роботу.

Вентилятор живиться постійним струмом від блока живлення, з можливістю регулювання діапазонів від 10 В до 24В.

На даному стенді були проведені дослідження:

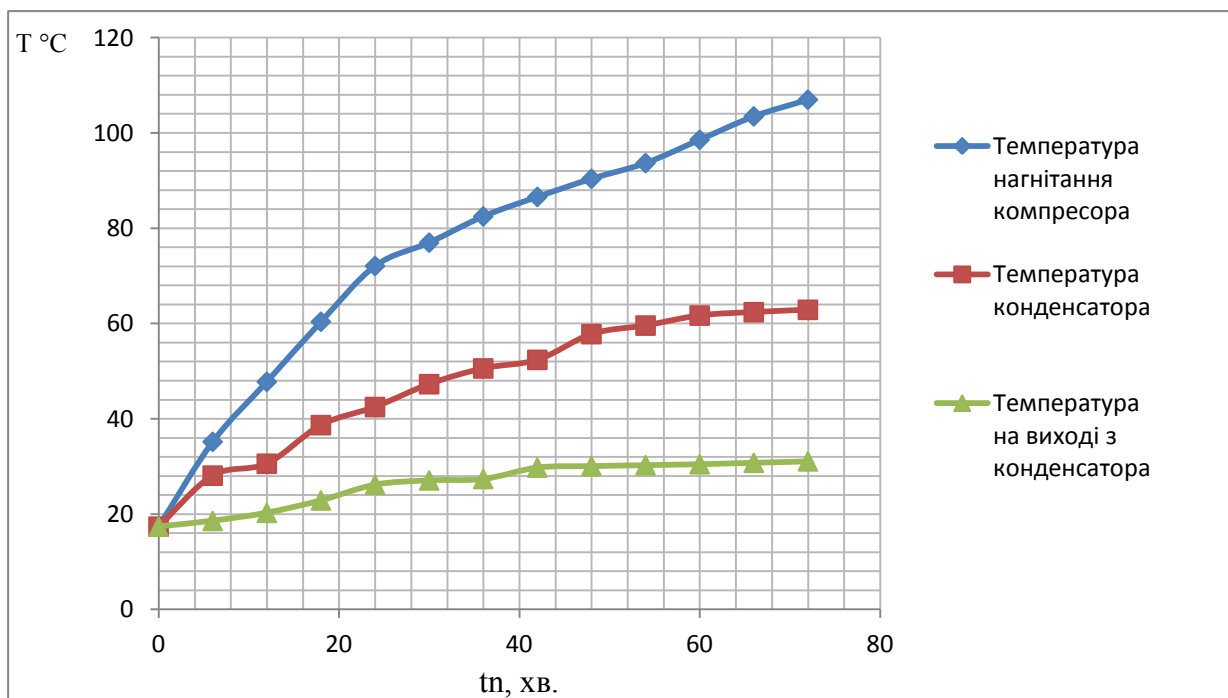
- роботи холодильної установки компресійного типу без застосування примусового охолодження конденсатора;
- температурних параметрів конденсатора з увімкненим вентилятором при швидкості обертання двигуна 1300 об/хв.;
- впливу руху повітря на температурні показники конденсатора з увімкненим вентилятором при швидкості обертання двигуна 4000 об/хв.

Всі дослідження холодильної установки проводилися з незмінним завантаженням морозильної камери. Результати досліджень представлені в таблицях та графіках.

Таблиця 1

**Температура конденсатора з завантаженою морозильною камерою без обдуву конденсатора**

Час роботи компресора (tn, хв.)	Температура нагнітання компресора (T1, °C)	Температура конденсатора (T2, °C)	Температура на виході з конденсатора (T3, °C)
0	17,4	17,4	17,4
6	35,2	28,1	18,6
12	47,8	30,6	20,3
18	60,4	38,7	22,9
24	72,1	42,5	26,2
30	77	47,3	27,1
36	82,5	50,6	27,4
42	86,6	52,4	29,8
48	90,4	57,8	30,1
54	93,7	59,6	30,3
60	98,6	61,7	30,5
66	103,5	62,4	30,8
72	107	62,9	31,1

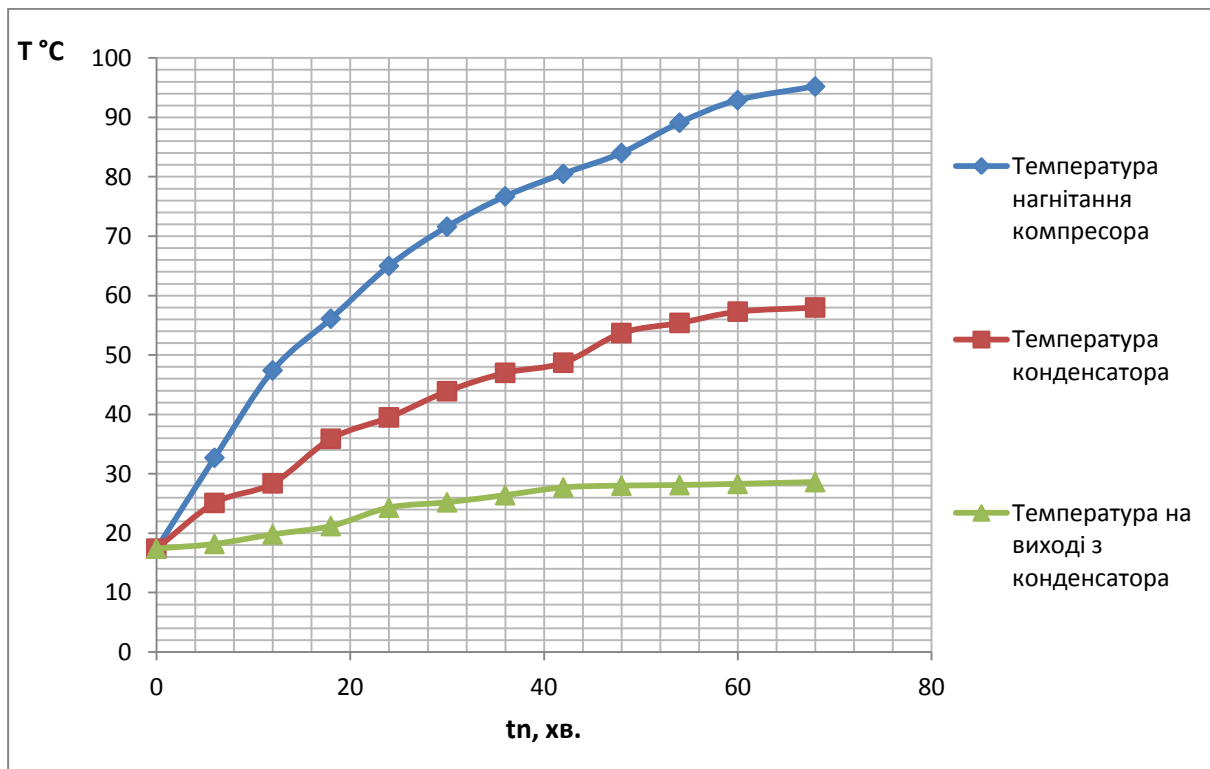


**Рис. 3. Графік температури конденсатора з заповненою морозильною камерою без обдуву конденсатора**

Таблиця 2

**Температура конденсатора з заповненою морозильною камерою та обдувом конденсатора (обороти двигуна 1300 об/хв.)**

Час роботи компресора (tn, хв)	Температура нагнітання компресора (T1, °C)	Температура конденсатора (T2, °C)	Температура на виході з конденсатора (T3, °C)
0	17,4	17,4	17,4
6	32,7	26,1	18,2
12	47,4	28,4	19,8
18	56,1	35,9	21,2
24	65	39,5	24,3
30	71,6	43,9	25,2
36	76,7	47	26,4
42	80,5	48,7	27,7
48	84	53,7	28
54	89,1	55,4	28,1
60	92,7	57,3	28,3
68	95,2	58	28,6



**Рис. 4. Графік температури конденсатора з заповненою морозильною камерою та обдувом конденсатора (обороти двигуна 1300 об/хв.)**

Таблиця 3

Температура конденсатора з заповненою морозильною камерою  
та обдувом конденсатора (обороты двигуна 4000 об/хв.)

Час роботи компресора ( $t_n$ , хв)	Температура нагнітання компресора ( $T_1, ^\circ\text{C}$ )	Температура конденсатора ( $T_2, ^\circ\text{C}$ )	Температура на виході з конденсатора ( $T_3, ^\circ\text{C}$ )
0	17,4	17,4	17,4
6	28,6	22,7	15
12	38,8	24,7	16,4
18	49	31,3	18,5
24	55,4	34,4	21,2
30	62,4	38,3	21,9
36	66,9	41	22,2
42	70,2	44,4	24,1
48	73,3	46,8	24,3
54	75,9	48,2	24,4
58	80	50	24,7

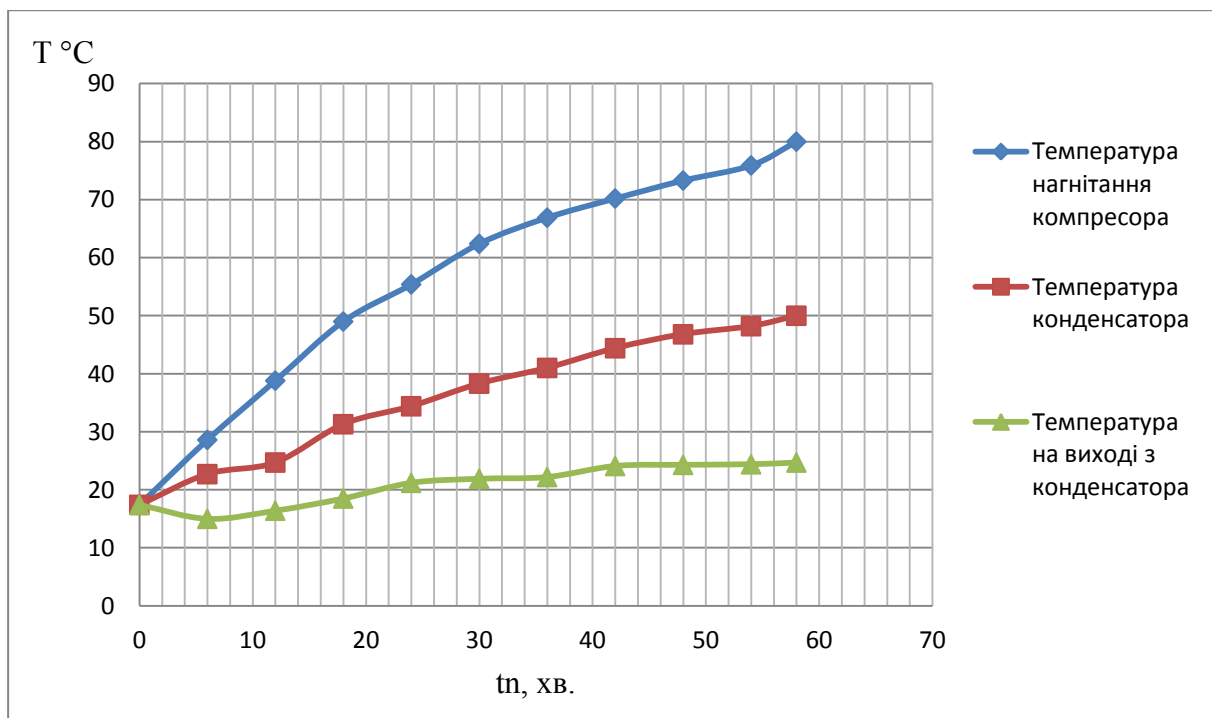


Рис. 4. Графік температури конденсатора з заповненою морозильною камерою та обдувом конденсатора (обороты двигуна 4000 об/хв.)

Аналіз результатів, представлених в таблицях 1, 2 і 3 показав, що введення примусового охолодження конденсатора дозволило зменшити час виходу компресора на усталений режим роботи на 7 % ( відповідно 72 хв. і 68 хв.). Збільшення обертів вентилятора з 1300 до 4000 об/хв. призвело зменшення часу виходу компресора на усталений режим на 19 % ( відповідно 72 хв. і 58 хв.).

Аналіз збільшення швидкість тепловіддачі конденсатора за умов наявності примусового охолодження дозволило зробити висновки про доцільність введення в конструкцію холодильника вентиляторів зі швидкістю обертання до 4000 об/хв.

### **Висновки**

В результаті проведених досліджень було показано можливість модернізації конструкції за рахунок введення в систему примусового охолодження конденсатора, що дало можливість зменшити довжину конденсатора та збільшити швидкість тепловіддачі до зовнішнього середовища. Зменшення довжини конденсатора дозволить зменшити його вартість та металоємність конструкції холодильного агрегату, а менші габарити конденсатора дають змогу встановлювати його не на задньої стінці холодильника а поряд з компресором. Це дасть можливість одночасного охолодження не тільки конденсатора а й компресора.

### **Список використаних джерел**

1. Кошкин Н. Н. Холодильные машины / Н. Н. Кошкин – М. : Пищевая промышленность, 1973. – 512 с.
2. Електропобутова техніка: Навчальний посібник / [І. В. Петко, О. П. Бурмістенков, В. В. Кострицький та ін. ]. – К. : КНУТД, 2009. – 202 с.
3. Основи електропобутової техніки: Навчальний посібник / [І. В. Петко, О. П. Бурмістенков, Т. Я. Біла] – К. : КНУТД, 2013. – 239 с.

### **References**

1. Koshkyn N. N. Kholodylnye mashyny / N. N. Koshkyn – M. : Pyshchevaia promyshlenost, 1973. – 512 s.
2. Elektropobutova tekhnika: Navchalnyi posibnyk / [I. V. Petko, O. P. Burmistenkov, V. V. Kostrytskyi ta in. ]. – K. : KNUTD, 2009. – 202 s.
3. Osnovy elektropobutovoi tekhniky: Navchalnyi posibnyk / [I. V. Petko, O. P. Burmistenkov, T. Ya. Bila] – K. : KNUTD, 2013. – 239 s.



**Исследование возможности повышения эффективности бытовых холодильников за счет увеличения скорости теплообмена конденсатора****Кузьмич И. А., Петко И. В.***Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Исследовать влияние движения воздуха на температурные параметры конденсатора бытового холодильника.

**Методика.** В основу работы положены теоретические и экспериментальные методы. Теоретическим обоснованием работы является положение теплопроводности материалов. Исследования проведены на разработанной экспериментальной установке.

**Результаты.** Разработан лабораторный стенд для определения зависимости теплообмена конденсатора от скорости движения воздуха. В ходе исследований получены результаты температурных значений конденсатора и построены графики показывающие что эффективность бытового холодильника можно повысить увеличив скорость теплообмена конденсатора.

**Научная новизна.** Разработано новое техническое решение, направленное на повышение эффективности бытового холодильника.

**Практическая значимость.** Модернизированная конструкция позволяет уменьшить длину конденсатора и металлоемкость конструкции холодильного агрегата.

**Ключевые слова:** холодильник, компрессор, конденсатор, теплообмен, вентилятор

**Research of a possibility of increase in efficiency of household refrigerators due to increase in speed of heat exchange of the condenser****Kuzmich I. A., Petko I. V.***Kiev National University of Technology and Design*

**Purpose.** To investigate influence of the movement of air on temperature parameters of the condenser of the household refrigerator.

**Methodology.** Theoretical and experimental methods are the basis for work. Theoretical justification of work is position of heat conductivity of materials. Researches are conducted on the developed experimental installation.

**Findings.** The laboratory stand is developed for definition of dependence of heat exchange of the condenser on the speed of the movement of air. During the researches results of temperature values of the condenser are received and the schedules showing are constructed that efficiency of the household refrigerator can be increased having increased the speed of heat exchange of the condenser.

**Originality.** The new technical solution directed to increase in efficiency of the household refrigerator is developed.

**Practical value.** The modernized design allows to reduce length of the condenser and metal consumption of a design of the refrigerating unit.

**Keywords:** refrigerator, compressor, condenser, heat exchange, fan