

УДК 648.234

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ХОЛОДИЛЬНОГО АГРЕГАТУ КОМПРЕСІЙНОГО ХОЛОДИЛЬНИКА

А.М. Зейліш, С.А. Кирилюк, І.В. Петко

Київський національний університет технологій та дизайну

*У статті розглянуто вплив сучасних способів керування роботою холодильного агрегату, а також пуск компресора при різних напругах живлення в умовах сільської місцевості, де напруга в мережі постійно коливається в широкому діапазоні. Показано, що нестабільність напруг є причиною виходу з ладу компресорів у зв'язку з заклинюванням поршнів та підгорянням обмоток двигуна.*

**Ключові слова:** холодильник, компресор, радіаторна сітка, двигун обдуву

Працездатність компресійних холодильників у значній мірі залежить від умов в яких вони працюють. За умов тропіків або у приміщеннях високої температури ускладнюється процес охолодження на радіаторній сітці що погано впливає на роботу всього агрегату. Також в наслідок нестабільної напруги мережі ускладнюється робота компресора. Таким чином працездатність компресійних холодильників привертає багато уваги при їх розробці.

### **Об'єкти та методи дослідження**

Об'єктом дослідження є побутові холодильні агрегати компресійного типу.

Предметом дослідження є способи підвищення працездатності побутових компресійних холодильних агрегатів. Поставлені у роботі задачі вирішуються за допомогою теоретичних та експериментальних методів досліджень.

### **Постановка завдання**

Метою даної роботи є розробка нового технічного рішення, яке спрямоване на підвищення ефективності охолодження за рахунок введення системи обдуву, що забезпечує зменшення витрат електроенергії та підвищення довговічності компресора, дослідження пуску компресора при різних напругах живлення та розробка пропозицій щодо зміни системи керування.

### **Результати та їх обговорення**

Для проведення досліджень розроблено стенд на основі компресійного агрегату побутового холодильника. Електрична схема стенду представлена на рис. 1.

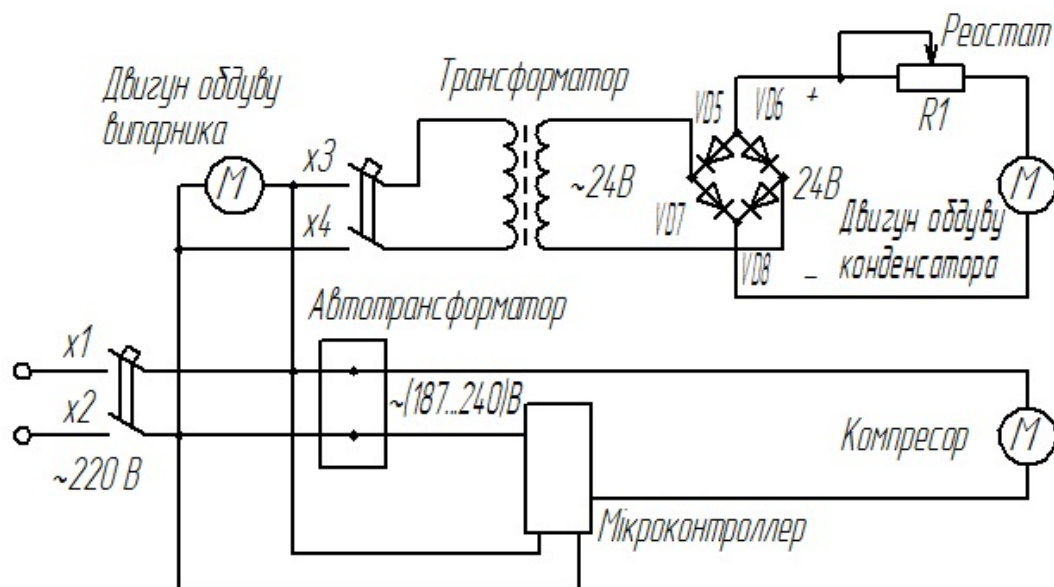


Рис 1. Електрична схема стенду для дослідження холодильного агрегату

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

- синхронний двигун обдуву випарника, модель NET1T10ZVN002 (напруга живлення 220 В, потужність 10 Вт, споживана потужність 38 Вт, сила струму 0,23 А, швидкість обертання вала 1300 об/хв), який забезпечує рівномірність охолодження по всьому об'єму камери за рахунок зміни руху повітря;
- автотрансформатор (номінальна напруга 220 В, потужністю навантаження 1500 Вт, струм навантаження 6,6 А, діапазоном регулювання напруги 0-250 В), який забезпечує стабілізацію напруги;
- трансформатор (напругою 220 В і вхідним струмом 4 А), який забезпечує зміну напруги в діапазоні від 220 В до 24 В на виході;
- діодний міст, який перетворює змінний струм в постійний;
- реостат (50 Ом), який потрібен для управління роботою двигуна обдуву конденсатора;
- двигун обдуву конденсатора, модель DB349K302 (двигун постійного струму паралельного збудження потужністю 41 Вт, швидкість обертання вала 2000 об/хв.);
- мікроконтролер, модель ELIWELL ID 961 LX (діапазон вимірів від -50 до 140°C і точністю не більше 1°C, напруга живлення 220 В) який забезпечує регулювання холодопродуктивності компресора;
- компресор, модель Danfoss SC15G (потужністю 500 Вт і споживаним струмом 3,5 А);

- вольтметр (діапазон вимірювання напруги: 150-250 В, границя допустимої основної абсолютної похибки 0,5 В, діапазон вимірюваної частоти 45-55 Гц);
- клеми, які необхідні для підключення тестера, амперметра-самописця.

Проведення експериментальних досліджень з регулювання холодопродуктивності компресора забезпечується за рахунок термореле, яка знаходиться в камері охолодження. Контролер включає компресор для того, щоб підтримувати температуру повітря в камері -10 °С (показник регулюється).

Автотрансформатор дозволяє регулювати напругу живлення в допустимих межах живлення від 187 до 243 В і, тим самим, визначити холодопродуктивність компресора в залежності від умов експлуатації.

Зміна швидкості двигуна постійного струму, на якому знаходиться крильчатка для обдуву конденсатора, забезпечується реостатом за рахунок зміни напруги живлення.

На панелі управління встановлено п'ять високоточних термометрів з температурним діапазоном від - 50 °С до + 70 °С та точністю  $\pm 1$  °С, за допомогою яких оцінюється температура в п'яти точках холодильного агрегату.

Дослідження на стенді проводяться в такій послідовності:

Коли тумблер перемикається в положення «Вкл», одночасно подається із мережі напруга на двигун обдуву випарника, мікроконтролер та автотрансформатор. Двигун обдуву конденсатора вмикається додатковим тумблером.

Коли температура в камері охолодження досягла заданого значення, мікроконтролер розмикає контакти і компресор вимикається.

Двигун обдуву конденсатора живиться постійним струмом 24 В від трансформатора.

На даному стенді проведені дослідження:

- роботи холодильної установки компресійного типу при напрузі живлення компресора 220 В і обертанні двигуна обдуву конденсатора  $n=1200$  об/хв.;
- зміни швидкості і обертання двигуна обдуву конденсатора;
- залежності впливу зміни напруги на роботу компресора.

Результати досліджень по першому експерименту представлені у таблиці 1 та графіком на рис. 2 без навантаження, а з навантаженням – у таблиці 2 та графіком на рис. 3.

Таблиця 1

*Залежність температур в контрольних точках  
від часу виходу компресора на усталений режим*

Час роботи (tn, с)	Температура на контролері, (Тк, °С)	Температура нагнітання компресора, (Т1, °С)	Температура конденсатора, (Т2, °С)	Температура на виході із конденсатора, (Т3, °С)	Температура компресора, (Т4, °С)	Температура на вході компресора, (Т5, °С)
0	19	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5
30	11	45	22	24	30	13
60	3	50	23	24	31	10
90	-4	51	22	23	31	8
120	-6	51	22	22	31	4
150	-10	51	21	22	31	-2
180	Компресор вимкнутий					

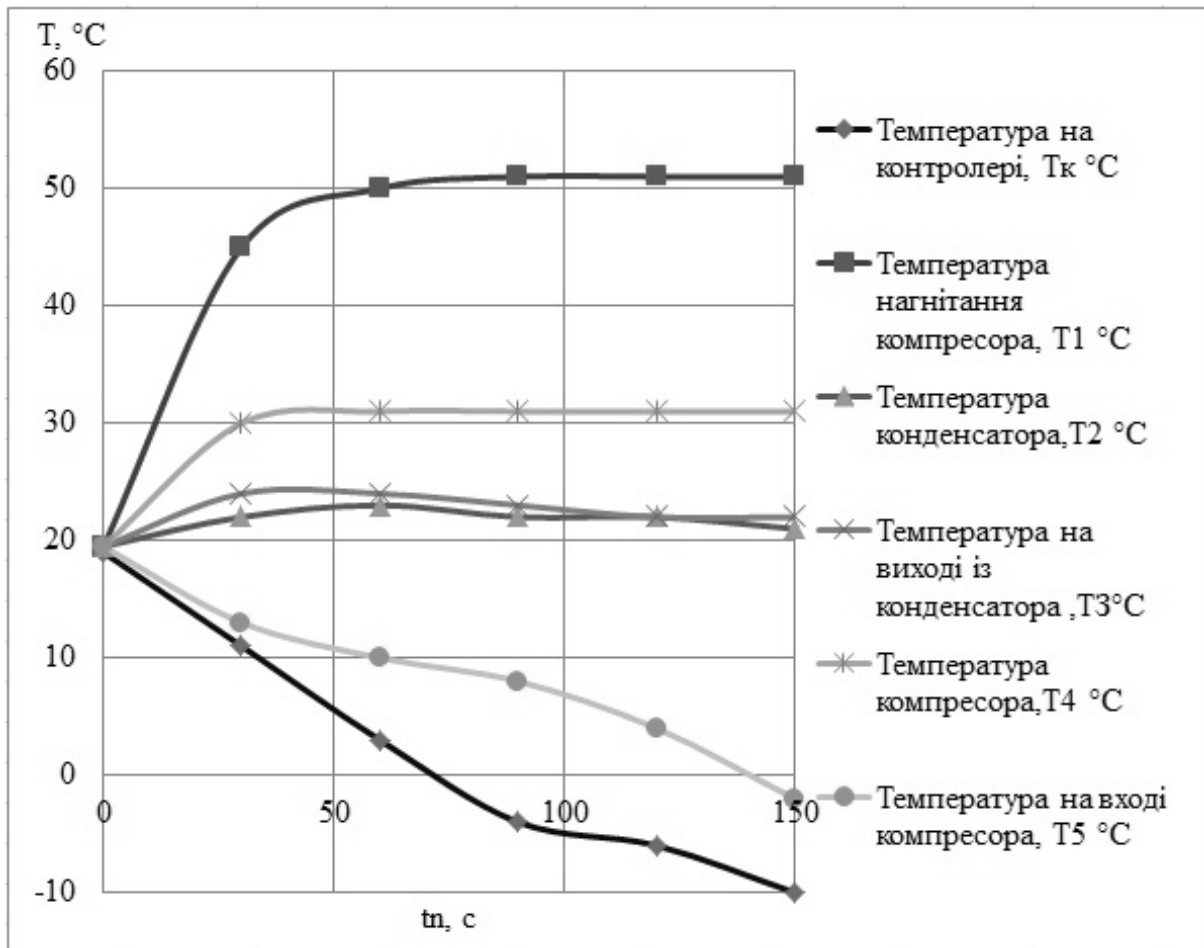


Рис. 2. Графік залежності температури в контрольних точках від часу виходу компресора на усталений режим

Таблиця 2

*Залежність температури в контрольних точках від часу виходу компресора на усталений режим з заповненою камерою продукцією для охолодження*

Час роботи (tn, с)	Температура на контролері, (Tk, °C)	Температура нагнітання компресора, (T1, °C)	Температура конденсатора, (T2, °C)	Температура на виході із конденсатора, (T3, °C)	Температура компресора, (T4, °C)	Температура на вході компресора, (T5, °C)
0	19	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5
30	11	44	23	24	30	10
60	4	50	22,8	23,9	31	6
90	-1	51	22,8	23,3	31	4
120	-5	51	22,3	23,1	31,3	0
150	-7	51	21,9	22,9	31,5	-3
180	-8	51	21,7	22,3	31,7	-5
210	-9	52	21,6	22	31,8	-5
240	-10	52	21,7	21,9	31,7	-5
270	Компресор вимкнувся					

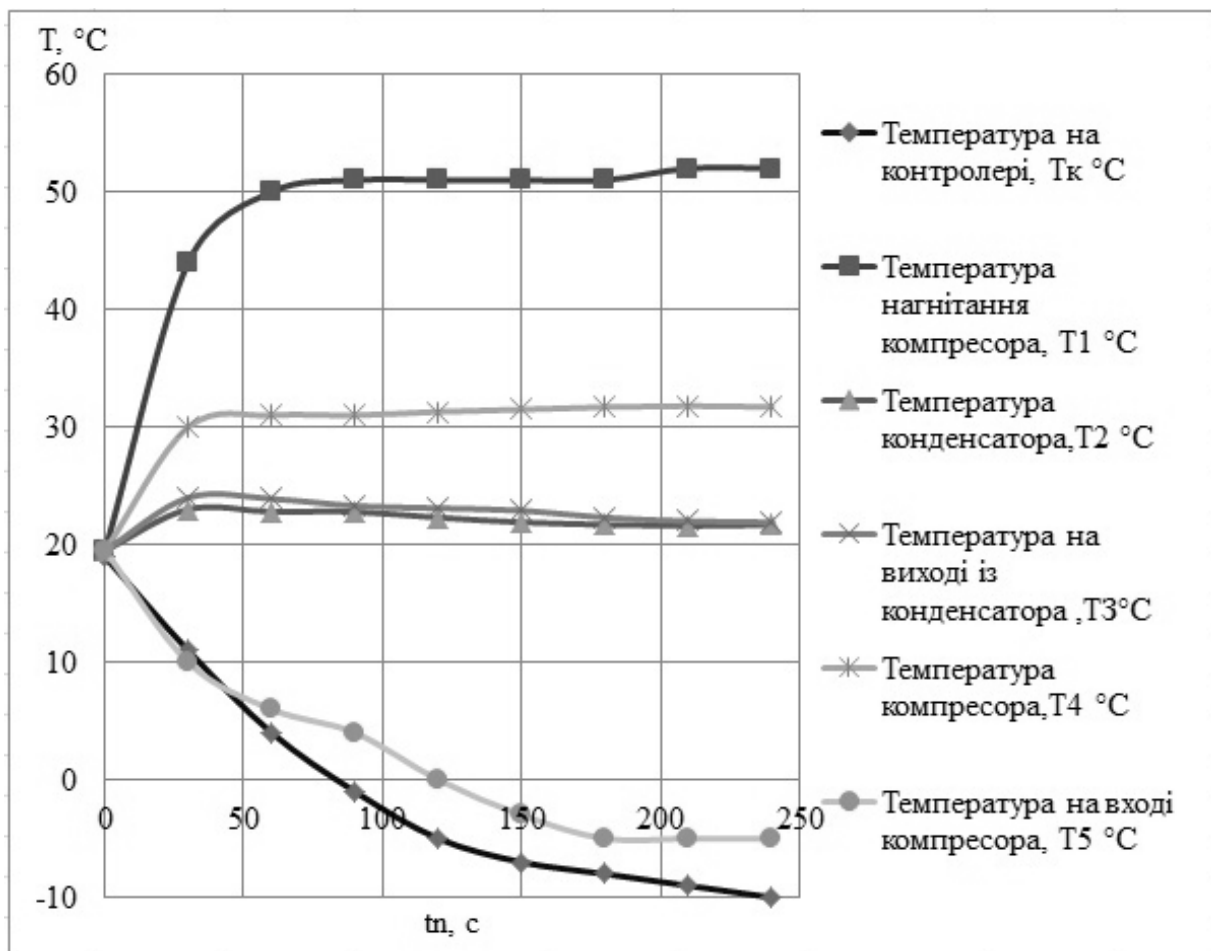


Рис. 3. Графік залежності температури в контрольних точках від часу виходу компресора на усталений режим з завантаженою камерою

Аналіз представлених результатів досліджень показав, що зі 180 с час виходу на режим збільшився до 240 с.

Результати досліджень по другому експерименту представлені у таблиці 3 та графіками на рис. 4 та рис. 5, при цьому температура в камері змінювалась від початкової  $T_k = 12^\circ\text{C}$  до номінальної  $T_n = 0^\circ\text{C}$ .

Таблиця 3

**Залежність швидкості обертання двигуна обдуву конденсатора від часу виходу на усталений режим компресора та струму, споживаного двигуном**

№	Номінальна температура $T_n, ^\circ\text{C}$	Швидкість обертання двигуна $n, \text{об/хв}$	Час виходу на режим $t, \text{хв}$	Початкова температура в камері $T_k, ^\circ\text{C}$	Споживаний струм компресором $I_k, \text{А}$
1	0	1700	1	12	2,86
2		1500	1		2,86
3		1400	1		2,86
4		1300	1		2,86
5		1200	1,03		2,9
6		1100	1,06		2,96
7		1000	1,11		3,04
8		900	1,14		3,1
9		800	1Д7		3,12
1		700	1,20		3,13
2		600	1,23		3,2
3		500	1,25		3,3
4		400	1,30		3,35
5		300	1,32		3,38
6		200	1,34		3,6
7		100	1,50		4
8		50	Компресор вимкнувся по тепловому реле, температура нагнітання вище $70^\circ\text{C}$		

Проведено дослідження холодильного агрегату і визначено значення споживаного струму ( $I, \text{А}$ ) в часі при різних швидкостях обертання ротора двигуна обдуву конденсатора. Експерименти визначались в діапазонах від 1700 до 100 об/хв.

Аналіз проведених досліджень показав, що в діапазоні від 1300 до 1700 об/хв крива не змінюється, компресор працює стабільно, ніякого додаткового навантаження на нього немає, тому для діапазону достатня швидкість обертання ротора 1300 об/хв. Дослід проводився до 100 об/хв. і при цій швидкості компресор перегрівся, тому що

хладон не конденсувався. При швидкостях в діапазоні від 100 до 500 об/хв відбувалося інтенсивне нагрівання в результаті підвищеного споживання потужності.

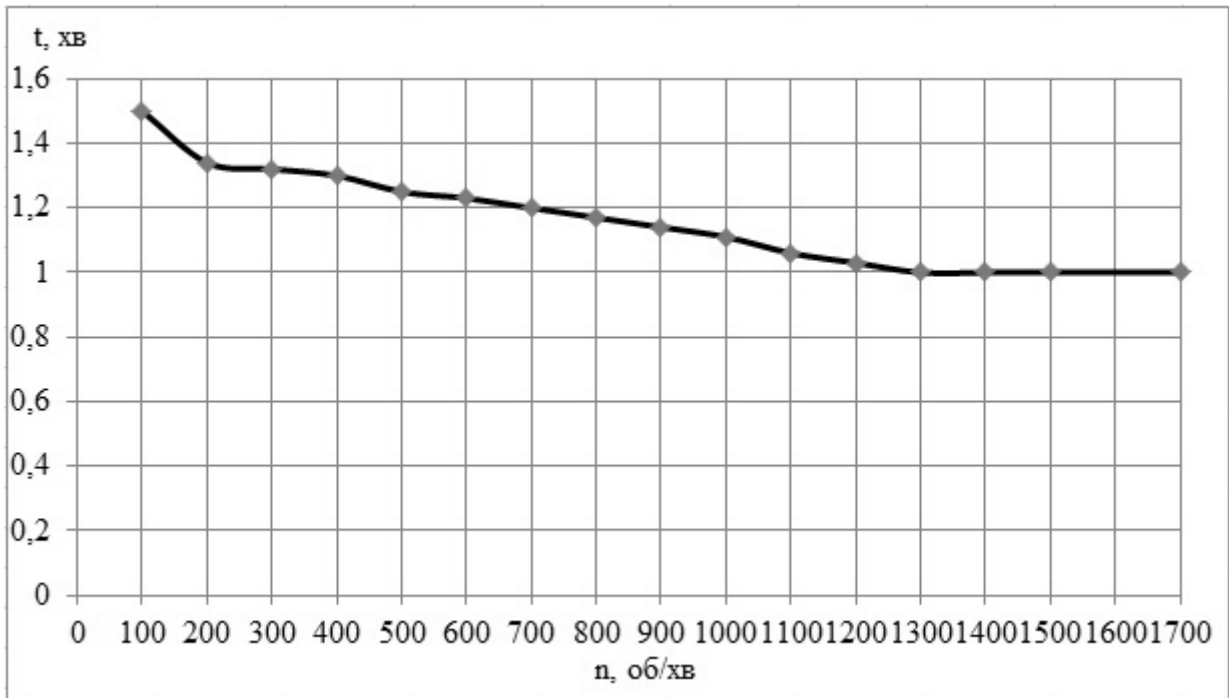


Рис. 4. Графік залежність швидкості обертання двигуна обдуву конденсатора від часу виходу на усталений режим компресора

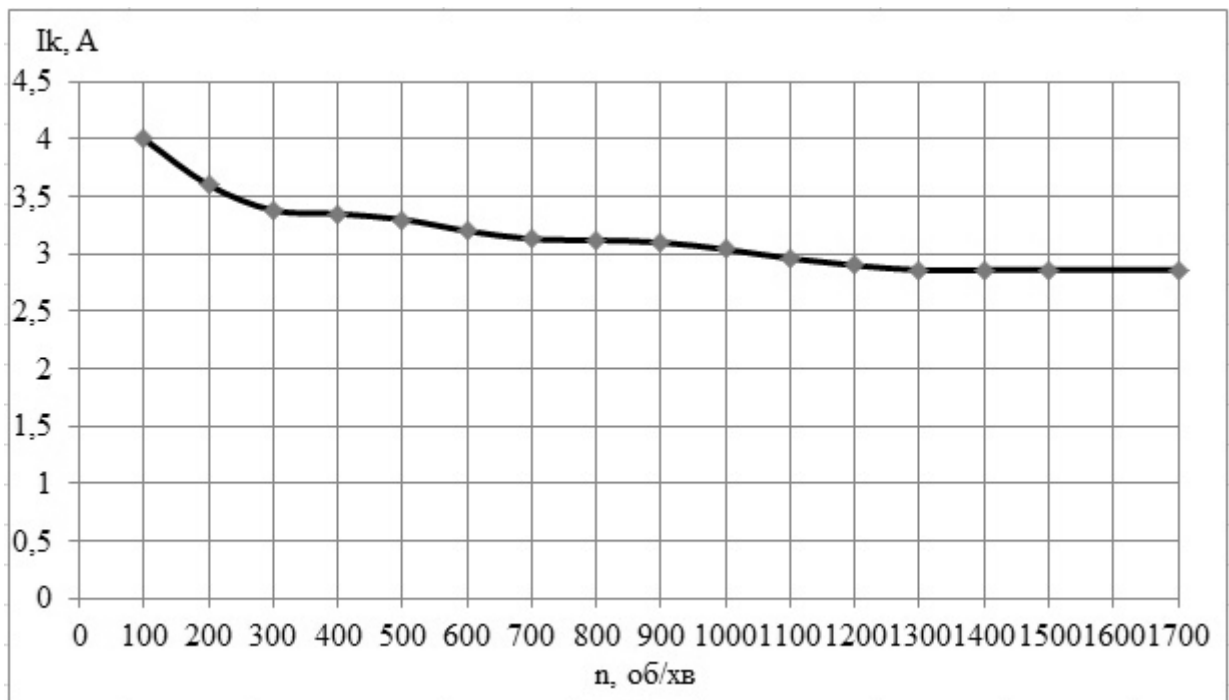


Рис.5. Графік залежність швидкості обертання двигуна обдуву конденсатора від струму, споживаного компресором

Результати досліджень по третьому експерименту представлені у таблиці 4 та графіком на рис. 6.

Таблиця 4

**Залежності сили струму від часу при напругах 180 В, 200 В, 220 В, 240 В**

	t, c	0	0,2	0,5	1	2	3	4	5	8	10	15	20
Дослід №1 напруга живлення 180 В	I, А	0	7,7	1,8	1,75	1,5	1,35	1,3	1,32	1,34	1,4	1,35	1,3
Дослід №2 напруга живлення 200 В		0	7,1	2,3	1,8	1,6	1,4	1,35	1,35	1,36	1,35	1,36	1,36
Дослід №3 напруга живлення 220 В		0	7,1	2,6	2,3	2,2	2,22	2,22	2,23	2,24	2,25	2,23	2,22
Дослід №4 напруга живлення 240 В		0	7,1	3,2	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,9	2,8	2,95

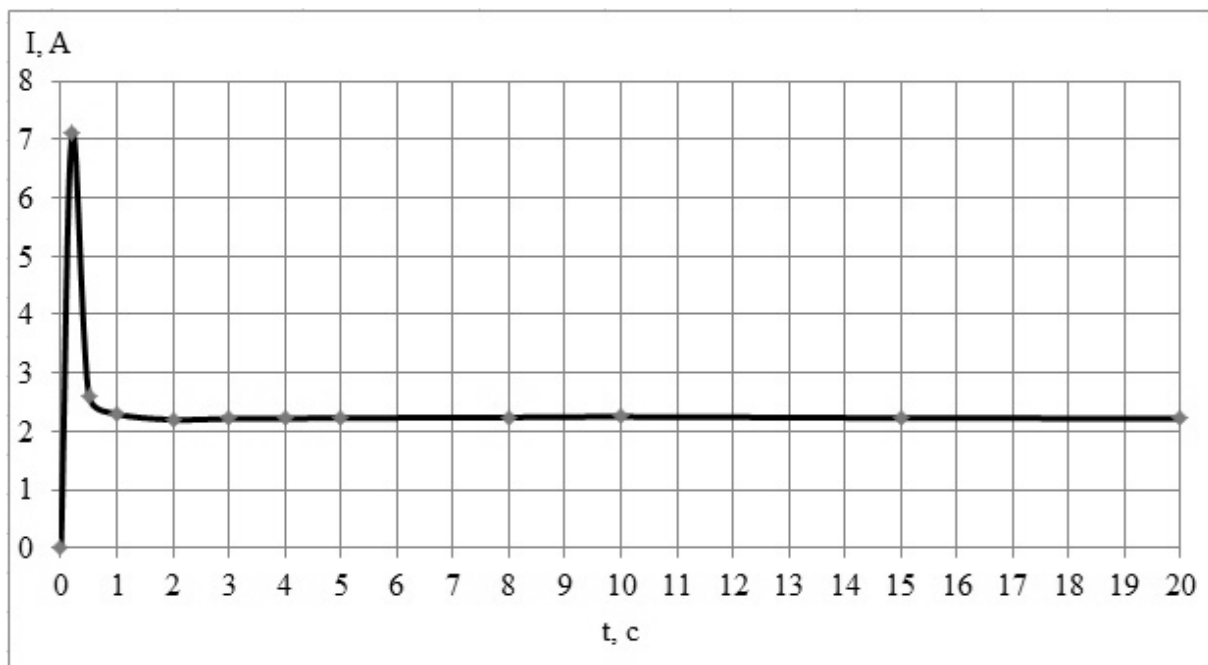


Рис. 6. **Графік залежності сили струму від часу роботи компресора під напругою живлення 220 В**

Проведено дослідження холодильного агрегату і визначено значення споживаного струму (I, А) в часі для різних напруг живлення в мережі. Експерименти визначались в діапазонах від початку розгону двигуна до виходу його на усталений режим.

Значення споживаного струму визначались у дозволених межах роботи компресора 180-240 В (180 В, 200 В, 220 В, 240 В).

Аналіз проведених досліджень показав, що при 240 В компресор працює в умовах підвищеного споживаний струм, в результаті чого можливе підгоряння



обмоток, а при 180 В і 200 В компресор працює при зменшеному споживчому струмі, що загрожує заклинювання поршня при запуску двигуна.

Зміна струму шкідливо впливає на працездатність мотор-компресорів, що особливо актуально для холодильних торгових точок в літній період, де до однієї розетки підключено декілька холодильників. На нашу думку потрібно ставити стабілізатори напруги на такі холодильники, що зекономить час і кошти в майбутньому.

### ***Висновки***

1. Для дослідження працездатності холодильного агрегату компресійного холодильника було розроблено експериментальний стенд, який дає змогу проводити дослідження:

- пуск компресора при різних напругах живлення;
- вплив двигунів обдуву конденсатора на роботу всього агрегату;
- залежність швидкості обертання двигуна обдуву конденсатора від споживаного струму компресора;
- зняття всіх перехідних характеристик виходу на режим холодильного агрегату на базі хладону R134a.

2. В результаті проведених досліджень рекомендовано ставити стабілізатори напруги на холодильники, які працюють в умовах сільської місцевості, де є перебої з енергопостачанням, та на торгових точка з пониженою.

### **ЛІТЕРАТУРА**

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

*А.Н. Зейлиш, С.А. Кирилюк, И.В. Петко*

***Изучение работоспособности холодильного агрегата компрессионного холодильника***

*В статье рассмотрено влияние современных способов управления работой холодильного агрегата, а также пуск компрессора при различных напряжениях питания в условиях сельской местности, где напряжение в сети постоянно колеблется в широком диапазоне. Показано, что нестабильность напряжения является причиной выхода из строя компрессоров в связи с заклиниванием поршней и подгорания обмоток двигателя.*

***Ключевые слова:*** холодильник, компрессор, радиаторная сетка, двигатель обдува.

*A. M. Zieilish, S.A. Kiriluk, I.V. Petko*

***Study of cooling aggregates health of compression refrigerators***

*The articles consider the impact of modern methods of management of the refrigeration unit and start the compressor at different supply voltages in rural areas where the voltage constantly varies in a wide range. It is shown that instability is the cause of stress failure of compressors in connection with the jamming of pistons and burning winding engine.*

***Keywords:*** refrigerator, compressor, radiator mesh, blower motor.