UDC 664.8

SCOPUS CODE 2201

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-3-102-108>

გადაცივების მუშაობის რეჟიმის ზემოქმედება მაცივარი მანქანის ენერგოეფექტურობაზე

თამაზ ისაკაძე	კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68° E-mail: tamazisakadze@gmail.com
გივი გუგულაშვილი	კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 68° E-mail: Givi.Gugulashvili@gmail.com

რეცენზენტები:

გ. ბერუაშვილი, სტუ-ის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის ასისტენტ-პროფესორი
E-mail: Giorgiberua1@mail.ru

ს. სულაძე, საქართველოს მაცივარაგენტების შეგროვების და რეციკლირების ცენტრის დირექტორი, ტ.მ.დ.
E-mail: sulkhansuladze@gmail.com

ანოტაცია. დღესდღეობით თანამედროვე სუპერმარკეტებში ფართო გავრცელება პოვა ორი ტემპერატურული რეჟიმის მქონე მაცივარმანქანებმა. საშუალოტემპერატურული რეჟიმის მქონე მაცივარი მანქანები, მაცივარაგენტის დუღილის ტემპერატურით -10°C , სამაცივრო კამერებში იჭერს ტემპერატურას $0 \div -6^{\circ}\text{C}$ ზღვრებში. დაბალტემპერატურული რეჟიმის მქონე მაცივარი მანქანები, მაცივარაგენტის დუღილის ტემპერატურით -35°C , სამაცივრო კამერებში იჭერს ტემპერატურას $-18 \div -20^{\circ}\text{C}$ ზღვრებში. ამ პროცესების განხორციელებისათვის გამოიყენებოდა ერთსაფეხურიანი მაცი-

ვარი მანქანები, რომელთა პრინციპული სქემები გამოსახულია 1-ელ სურ-ზე. სტატიაში წარმოდგენილია ინოვაცია, რომელიც ეფუძნება თხევადი მაცივარაგენტის გადაცივებას (სურ.2). არსი ამ ტექნოლოგიისა მდგომარეობს იმაში, რომ დაბალტემპერატურული რეჟიმის მქონე მაცივარ მანქანაში, კონდენსატორის შემდეგ თხევადი მაცივარაგენტი გადაცივდება $0 \div -5^{\circ}\text{C}$ -მდე საშუალოტემპერატურული რეჟიმის მქონე მაცივარი მანქანის მაცივარაგენტის დუღილის მეშვეობით, რის შედეგადაც დაბალტემპერატურიანი მაცივარი მანქანის სიცივისმწარმოებლობა იზრდება, მაგრამ ამასთან ერთად საშუალოტემპერატურული რეჟიმის მქონე

სამაცივრო კონტურის თბური დატვირთვაც იზრდება. ამას მივყავართ საშუალოტემპერატურული რეჟიმის მქონე მაცივარი მანქანის ენერგოდანახარჯების ზრდასთან. მაგრამ ვიღებთ ეფექტს, რომელიც მდგომარეობს ორივე სამაცივრო სისტემის ენერგომოთხოვნის შემცირებაში..

საკვანძო სიტყვები: გადამმეტცივებელი; ენერგოეფექტურობა; ენერგომოხმარება; ენერგოდანახარჯები; მაცივარი მანქანა.

შესავალი

როგორც ცნობილია უმარტივესი ერთსაფეხურიანი სამაცივრე ციკლი რეგენერაციის გარეშე რომელიც წარმოდგენილია 1-ელ სურ-ზე მუშაობს შემდეგნაირად: კომპრესორი (პოზ. 1) დაბალი წნევის მაცივარაგენტის ორთქლს შეიწოვს საორთქლებლიდან და ჭირხნის მას კონდენსატორში კონ-

დენსაციის წნევაზე (პოზ. 2). კონდენსატორში მაცივარაგენტის ორთქლი გრილდება ვენტილატორით და იწყებს ფაზურ გადასვლას სითხეში. კონდენსატორის ბოლოს იგი სრულად კონდენსირდება. კონდენსაციის ტემპერატურაა $t_j = +45^{\circ}\text{C}$. ამ დროს მაცივარაგენტის გადაცივება $\Delta T_{\text{გადაც}} = 0\text{K}$. კონდენსატორიდან მაღალი წნევის მქონე თხევადი მაცივარაგენტი შედის დროსელურ ხელსაწყოში (კაპილარული მილი პოზ.3), სადაც მაცივარაგენტის წნევა და ტემპერატურა მკვეთრად ეცემა, რის შემდგომაც დაბალი წნევის მქონე თხევადი მაცივარაგენტი მიეწოდება საორთქლებელს (პოზ. 4). საორთქლებელში მიმდინარეობს მაცივარაგენტის ფაზური გადასვლა სითხიდან ორთქლში. საორთქლებელში ხდება სითხოს არინება და ვიღებთ სიცივეს. საორთქლებლის ბოლოს მაცივარაგენტი მთლიანად ორთქლის ფაზაშია და დაბალი წნევის ორთქლს კვლავ შეიწოვს კომპრესორი. ამის შემდეგ, კი ციკლი მეორდება.

სურ. 1. დაბალტემპერატურული და საშუალოტემპერატურული მაცივარი მანქანების პრინციპული სქემები.

1-კომპრესორი, 2-კონდენსატორი, 3-დროსელი, 4-საორთქლებელი.

ძირითადი ნაწილი

ენერგოეფექტურობის ზრდის დასადასტურებლად შესრულდა სამაცივრე ციკლების გაანგარიშება და საბოლოოდ სამაცივრო კოეფიციენტების მაჩვენებლები თითოეული ციკლისათვის. ინოვაციური იდეის პრაქტიკულ ასპექტში განხორციელებისათვის შემუშავდა ახალი მაცივარი მანქანის კონსტრუქცია, რომლის პრინციპული სქემა გამოსახულია მე-2 სურ-ზე. ეს მოგვაგონებს კასკადურ მაცივარმანქანას, რომლის მარცხენა კასკადი არის ერთსაფეხურიანი დაბალტემპერატურული მაცივარმანქანა, ხოლო მარჯვენა კასკადი კი ერთსა-

ფეხურიან საშუალოტემპერატურულ მაცივარმანქანა. მარჯვენა და მარცხენა კასკადებს აერთიანებს თბომცვლელი (პოზ. 5). თბომცვლელს დროსელური ხელსაწყო (პოზ. 3) გავლით მიღების შიგნით მიეწოდება საშუალოტემპერატურული თხევადი მაცივაგენტის ერთი ნაწილი, რომელიც თბომცვლელში შესვლის შემდგომ განიცდის ფაზურ გადასვლას სითხიდან ორთქლში და ვიღებთ სიცივეს $t = -10^{\circ}\text{C}$. სითხის მეორე ნაწილი კი დროსელური ხელსაწყო (პოზ.4) გავლის შემდგომ შედის საშუალოტემპერატურულ საორთქლებელში (პოზ.6) სადაც ის დუღს $t_0 = -10^{\circ}\text{C}$ -ზე.

სურ. 2. დაბალტემპერატურული და საშუალოტემპერატურული მაცივარი მანქანების პრინციპული სქემა გადაცივებით.

1, 7–კომპრესორები, 2, 8–კონდენსატორები, 3, 4, 9–დროსელები, 5–თბომცვლელი, 6, 10–საორთქლებელი

თბომცვლელის მიღებს გარედან ევლება და-
ბალტემპერატურული კასკადის თხევადი მაცივარ-
რაგენტი, რომელიც გამოდის კონდენსატორიდან
(პოზ. 8) და მიემართება დროსელურ ხელსაწყო
პოზ. 9-კენ. კლასიკურ სამაცივრე ციკლებში კონ-
დენსატორიდან გამოსული სითხის გადაცივებას
იღებენ $\Delta T_{\text{გადაც}} = 4 \div 7K$. მოცემულ შემთხვევაში კი
თხევადი მაცივარაგენტის ტემპერატურა $+45^{\circ}\text{C}$ -
დან დაიწევს $t_x = -5^{\circ}\text{C}$ -მდე. ე. ი. $\Delta T_{\text{გადაც}} = 45 -$
 $(-5) = 50K$

სურ. 3ბ სამაცივრო ციკლები I-LgP დიაგრამაზე

მე-3 სურ-ზე გამოსახულია ინოვაციური მაცი-
ვარი მანქანის ორივე კასკადის სამაცივრო ციკლები
I-LgP დიაგრამაზე (წითელი პუნქტირით წარ-
მოდგენილია საშუალოტემპერატურული მაცივარი
მანქანის სამაცივრე ციკლი, ხოლო ლურჯი პუნქ-
ტირით კი დაბალტემპერატურული მაცივარი
მანქანის სამაცივრე ციკლი).

სამაცივრო ციკლების გაანგარიშება.

ციკლი გადაცივების გარეშე

მაცივარაგენტი მ22

დუდილის ტემპერატურა $t_0 = -35^{\circ}\text{C}$,

კონდენსაციის ტემპერატურა $t_j = 45^{\circ}\text{C}$

სიცივისმწარმოებლობა $Q_0 = 2$ კვტ.

1. მაცივარაგენტის ხვედრითი სიცივის მწარ-
მოებლობა: $q_0 = i_5 - i_8$

2. ორთქლის მასური ხარჯი $M = \frac{Q_0}{q_0}$

3. ორთქლის მოცულობითი ხარჯი: $V_g =$
 $M \times V_1$

4. კომპრესორის ინდიკატორული სიმძლავრე
 $L = M(i_2 - i_1)$

5. სამაცივრო კოეფიციენტი $\varepsilon = \frac{Q_0}{L}$

	p	t	v	h	s	x
	bar	$^{\circ}\text{C}$	dm^3/kg	kJ/kg	kJ/kgK	--
1	1,32	-28,00	171,50	394,82	1,8302	
2s	17,29	96,61	17,88	464,24	1,8302	
2	17,29	116,98	19,40	481,59	1,8759	
3	17,29	116,98	19,40	481,59	1,8759	
3'	17,29	45,00	13,26	417,01	1,6923	
3'4'm	17,29	45,00	N.N.	336,63	1,4397	
4'	17,29	45,00	0,90	256,26	1,1870	
4	17,29	45,00	0,90	256,26	1,1870	
5	1,32	-35,00	69,52	256,26	1,2486	0,417
56'm	1,32	-35,00	N.N.	323,35	1,5303	
6"	1,32	-35,00	165,80	390,44	1,8121	
6	1,32	-28,00	171,50	394,82	1,8302	

$Q_0 = 2$ კვტ. $L = 1,25$ კვტ $\varepsilon = 1,6$

ციკლი გადაცივებით

მაცივარაგენტი მ22

დუდილის ტემპერატურა კონდენსაციის ტემპე-
რატურა $t_j = 45^{\circ}\text{C}$

სიცივისმწარმოებლობა $Q_0 = 2$ კვტ.

გადაცივება $\Delta T_{\text{გადაც}} = 50K$ -

1. მაცივარაგენტის ხვედრითი სიცივის
მწარმოებლობა: $q_0 = i_1 - i_4$

2. ორთქლის მასური ხარჯი $M = \frac{Q_0}{q_0}$

3. ორთქლის მოცულობითი ხარჯი: $V_g =$
 $M \times V_1$

4. კომპრესორის ინდიკატორული

$$\text{სიმძლავრე } L = M(i_2 - i_1)$$

5. სამაცივრო კოეფიციენტი $\varepsilon = \frac{Q_0}{L} =$

$$\frac{M \times (i_1 - i_4)}{M(i_2 - i_1)} = \frac{i_1 - i_4}{i_2 - i_1}$$

	p	t	v	h	s	x
	bar	°C	dm³/kg	kJ/kg	kJ/kgK	--
1	1,32	-28,00	171,50	394,82	1,8302	
2s	17,29	96,61	17,88	464,24	1,8302	
2	17,29	116,98	19,40	481,59	1,8759	
3	17,29	116,98	19,40	481,59	1,8759	
3'	17,29	45,00	13,26	417,01	1,6923	
3'4m	17,29	45,00	N.N.	336,63	1,4397	
4'	17,29	45,00	0,90	256,26	1,1870	
4	17,29	-5,00	0,77	194,11	0,9786	
5	1,32	-35,00	24,94	194,11	0,9876	0,147
56'm	1,32	-35,00	N.N.	292,27	1,3999	
6"	1,32	-35,00	165,80	390,44	1,8121	
6	1,32	-28,00	171,50	394,82	1,8302	

$$Q_0 = 2 \text{ კვტ. } L = 0,86 \text{ კვტ } \varepsilon_1 = 2,31$$

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon} = \frac{2,31}{1,6} = 1,44375$$

დასკვნა

როგორც ზემოთ განხილული კვლევებიდან ჩანს გადაცივების მუშაობის რეჟიმის ზემოქმედება მაცივარი მანქანის ენერგოეფექტურობაზე აისახება მაცივარი მანქანის სიცივისმწარმოებლობის და სამაცივრო კოეფიციენტის მკვეთრ მატებაში. მე-თოდი გამოირჩევა თავისი კონსტრუქციული სი-მარტივით და არ მოითხოვს სამაცივრო დანად-გარის ძვირადღირებული კვანძებით აღჭურვას.

აღნიშნული ინოვაციური მეთოდის გამოყენება დიდად წაადგებათ სამაცივრო და კონდიციონერების ტექნიკის სპეციალისტებს თავიანთი საქმიანობის დახვეწისა და უკეთ წარმართვისათვის.

ლიტერატურა

1. Megrelidze, T., Jafaridze, Z., Goletiani, G., Gvachliani, V., Gugulashvili, G., Beruashvili, G., Shushulashvili, T., Sadaghashvili, E. (2012). Processies and Apparatus for Produce of Food Products and Cool. Tbilisi: *Georgian Technical University*, 275. (In Georgian);
2. Megrelidze, T., Shekhriladze, I., Gugulashvili, G., Gvachliani, V. (2013). Thermal, cooling and pulsate pipes. Tbilisi: *Georgian Technical University*, 148. (In Georgian);
3. Megrelidze, T., Vezirishvili, O., Gvachliani, V., Gugulashvili, G., Fochkhidze, I. (2015). Heat Pump. Tbilisi: *Georgian Technical University*, 161. (In Georgian);
4. System Trouble Shooting Measuring Instruments. (2002). Danfoss A/S (RC-SM/MWA).
5. Refrigerant Properties Honeywel. (2006). USA: Honeywell International Inc.

UDC 664.8

SCOPUS CODE 2201

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-3-102-108>**Effect of Cooling Mode on Chiller Energy Efficiency****Tamaz Isakadze**Food Industry Department of the Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68^a M. Kostava str.

E-mail: tamazisakadze@gmail.com

Givi GugulashviliFood Industry Department of the Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 68^a M. Kostava str.

E-mail: Givi.Gugulashvili@gmail.com

Reviewers:**S. Beruashvili**, Assistant Professor, Faculty of Transport and Mechanical Engineering, GTU

E-mail: Giorgiberua1@mail.ru

S. Suladze, Director of the Center for Collection and Recycling of Refrigerators in Georgia

E-mail: sulkhansuladze@gmail.com

Abstract. Currently, refrigeration machines (HM) with two temperature regimes are widely used in modern supermarkets and hypermarkets. Medium temperature refrigerating machines (ST XM) with a boiling point of -10°C are designed to maintain the air temperature in storage chambers within $0 \div -6^{\circ}\text{C}$. Low-temperature refrigerating machines (NT XM) with a boiling point of -35°C are designed to maintain an air temperature of $-18 \div -20^{\circ}\text{C}$.

To carry out these processes, one-stage refrigerators were used, the schematic diagrams of which are shown in the first figure. The article presents an innovative technology which is based on the subcooling of liquid refrigerant NT XM (Fig. 2). The essence of this scheme is that after the condenser, the liquid refrigerant NT XM is subcooled to approximately $0 \div -5^{\circ}\text{C}$. Subcooling is carried out due to the boiling of the ST XM refrigerant. As a result, the refrigerating capacity of the low-temperature circuit increases, but at the same time the heat load on the medium-temperature circuit increases, which leads to an increase in the energy consumption of the medium-temperature compressor unit. But in the end we get the effect which is a reduction in the total energy consumption of both systems cold supply.

Key words: energy efficiency; energy consumption; refrigerating machine; subcooler.

UDC 664.8

SCOPUS CODE 2201

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-3-102-108>

Влияние режима охлаждения на энергоэффективность холодильной машины

Тамаз Исакадзе

Департамент пищевой промышленности Грузинского технического университета,
Грузия, 0160, Тбилиси, М. Костава 68^ა

E-mail: tamazisakadze@gmail.com

Гиви Гугулашвили

Департамент пищевой промышленности Грузинского технического университета,
Грузия, 0160, Тбилиси, М. Костава 68^ა

E-mail: Givi.Gugulashvili@gmail.com

Рецензенты:

С. Беруашвили, ассистент профессор факультета транспорта и машиностроения ГТУ

E-mail: Giorgiberua1@mail.ru

С. Суладзе, Директор Центра сбора и рециклирования холодильников Грузии

E-mail: sulkhansuladze@gmail.com

Аннотация. В настоящее время в современных супермаркетах и гипермаркетах широко распространились холодильные машины (ХМ) с двумя температурными режимами. Среднетемпературные холодильные машины (СТ ХМ) с температурой кипения -10°C предназначены для поддержания температуры воздуха в камерах хранения в пределах $0 \div -6^{\circ}\text{C}$. Низкотемпературные холодильные машины (НТ ХМ) с температурой кипения -35°C , предназначены для поддержания температуры воздуха $-18 \div -20^{\circ}\text{C}$.

Для проведения этих процессов использовались одноступенчатые холодильники, принципиальные схемы которых показаны на первом рисунке. В статье представлена инновационная технология, которая основана на переохлаждении жидкого хладагента НТ ХМ (рис. 2). Суть этой схемы заключается в том, что после конденсатора жидкий хладагент НТ ХМ переохлаждается примерно до $0 \div -5^{\circ}\text{C}$. Переохлаждение осуществляется за счет кипения хладагента СТ ХМ. В результате холодопроизводительность низкотемпературного контура увеличивается, но при этом увеличивается и тепловая нагрузка на среднетемпературный контур, что приводит к повышению энергозатрат среднетемпературного компрессорного агрегата. Но в итоге получаем эффект – снижение общего энергопотребления обеих систем холодоснабжения.

Ключевые слова: переохладитель; холодильная машина; энергоэффективность; энергопотребление; энергозатраты.

განხილვის თარიღი 07.10.2021

შემოსვლის თარიღი 21.04.2021

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 29.09.2021