

ՍԱՌՆԱՐԱՆԱՅԻՆ ՏԵՂԱԿԱՅԱՆՔՆԵՐԻ ԷՆԵՐԳԱԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ
ՄԻՋԱՆԿՅԱԼ ԶԵՐՄԱԿՐՈՎ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՄԲ

Կարեն Աշոտի Մովսիսյան

Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ

karen.movsisyan1999@gmail.com

Հետազոտության նպատակն է ուսումնասիրել միջանկյալ ջերմակրով (ՄՋ) աշխատող սառնարանային մեքենաների աշխատանքի սկզբունքը, դիտարկել դրա տիպերից ամենանպատակահարմարը, մասնավորապես, Հայաստանի Հանրապետությունում կիրառման համար: Ներկայումս լայն տարածում ունեն այնպիսի սառնարանային տեղակայանքներ, որոնք սառեցման շրջափուլն իրականացնում են միջանկյալ ջերմակրով: Միջանկյալ ջերմակրով համակարգերի կիրառումը հնարավորություն է տալիս տարվա ցուրտ ժամանակահատվածում անջատել սառնագենտով շղթան և իրականացնել ջերմության տեղափոխումը անմիջականորեն շրջակա միջավայր միջանկյալ ջերմակրի լրացուցիչ ջերմափոխանակիչի միջոցով, ինչն էլ իր հերթին բերում է էներգախնայողության: Հողվածում հետազոտվել են միջանկյալ ջերմակրով աշխատող սառնարանային տեղակայանքների շրջափուլերը՝ միջանկյալ ջերմակրը կիրառելով կոնդենսատորի, գոլորշիացուցիչի վրա, երկուսի վրա միասին և առանց միջանկյալ ջերմակրի: Հաշվարկվել է դրանցից առավել էներգախնայողը և էներգաարդյունավետը՝ մասնավորապես ՀՀ տաք, չափավոր և ցուրտ տարածաշրջանների համար: Արդյունքները ներկայացված են գրաֆիկներով:

Բանալի բառեր. միջանկյալ ջերմակր, սառնարանային տեղակայանք, գոլորշիացուցիչ, կոնդենսատոր, պատյանախողովակավոր ջերմափոխանակիչ, թիթեղնավոր ջերմափոխանակիչ

Ներածություն

Որպես միջանկյալ ջերմակրի օգտագործվում են ջուրը, նատրիումի և կալցիումի ջրի աղային լուծույթները, էթիլեն գլիկոլը և պրոպիլեն գլիկոլը: Արտադրական պրոցեսները, որոնք շուրջ տարի ունեն ջերմության հեռացման անհրաժեշտություն, համեմատաբար բարձր ջերմաստիճաններում (0°C և ավել) հետևյալն են՝ մրգերի, բանջարեղենի և այլ մթերքների պահեստավորումը, քիմիական արտադրությունը, թվային տեխնոլոգիաների հովացումը և այլն: Անցումային ժամանակաշրջանում սառնարանային համակարգի աշխատանքը, երբ շրջակա միջավայրի ջերմաստիճանը ցածր է հովացվող սենքի ջերմաստիճանից, բացի այն փաստից, որ համակարգն աշխատում է, առաջանում են զգալի դժվարություններ համակարգի շահագործման ընթացքում (սարքավորման կոնդենսացիոն ճնշման իջեցում, յուղի մածուցիկության աճ, կոմպրեսորի թաց ընթացք և այլն): ՄՋ համակարգերի կիրառումը հնարավորություն է տալիս տարվա ցուրտ ժամանակահատվածում անջատել սառնագենտով կոնտուրը, և իրականացնել ջերմության տե-

ղափոխումն անմիջականորեն շրջակա միջավայր միջանկյալ ջերմակրի լրացուցիչ ջերմափոխանակիչի միջոցով, այսինքն, իրականացնել, այսպես կոչված, սառեցման խնայողություն [1]: Այսպիսով, Թերմոդինամիկայի գրոյական օրենքի կիրառումը երկրորդ օրենքի փոխարեն բերում է ոչ միայն զգալի տնտեսական և կոմպրեսորի երկարակեցության խնայողությունների, այլ նաև պարզեցնում է համակարգի շահագործումը:

Նյութեր և մեթոդներ

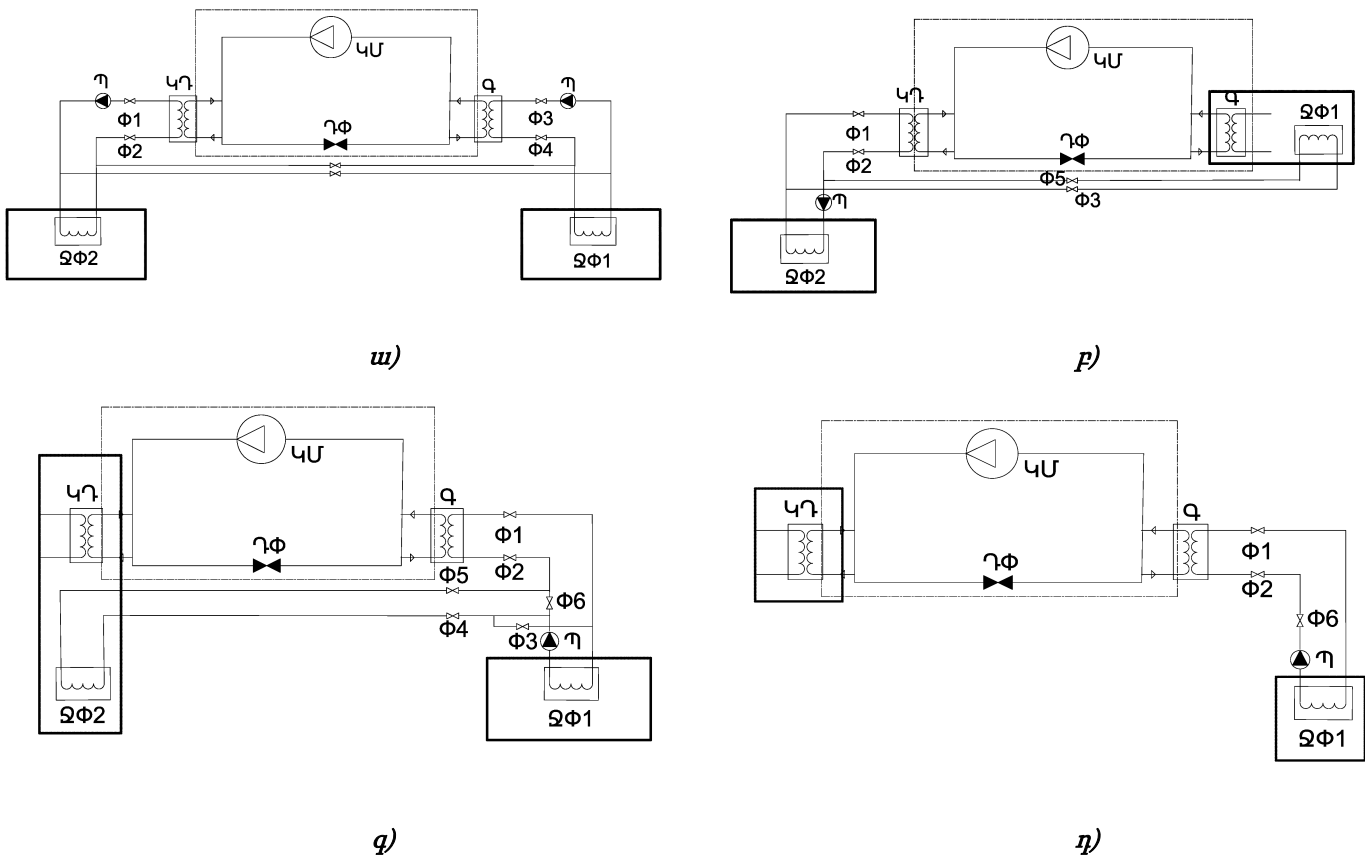
Միջանկյալ ջերմափոխանակիչով հովացման համակարգերի տարբերակները, որոնք ունեն շուրջտարյա կիրառություն, որտեղ աշխատանքային ջերմաստիճանը $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ից ավելի է, ցույց են տրված նկ. 1. բ, գ-ում:

Սառնագենտով շրջափուլը սահմանազատված է գծանշումով և ներառում է կոմպրեսոր (ԿՄ), կոնդենսատոր (ԿԴ), դրոսեւլացման փական(ԴՓ) և գոլորշիացուցիչ (Գ) [2-6]:

Դիտարկենք միջանկյալ ջերմակրով համակարգից բաղկացած սառնարանային տեղակայանքի աշխատանքը նկ. 1. գ-ում: Երբ շրջակա միջավայրի ջերմաստիճանը բարձր է սառեցվող սենքի ջերմաստիճանից, ՄՋ-ն տրվում է պոմպով (Պ), գոլորշիացուցիչը հովանում է և անցնում է ջերմափոխանակիչ ՋՓ1՝ սենքի սառեցման համար (փականներ Փ3, Փ4, Փ5-ը փակ են, Փ1, Փ2, Փ6-ը բաց են, նկ. 1, դ):

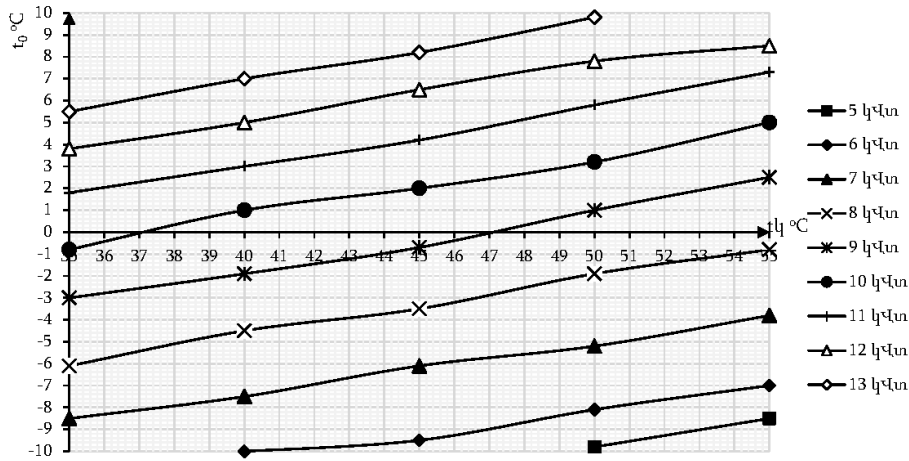
Առավել հետաքրքրական է համակարգի աշխատանքը համակցված ռեժիմով, երբ ՄՋ-ի սառեցումը կատարվում է նախ ՋՓ2-ում, ապա գոլորշիացուցիչում (Փ6, Փ3 -ը փակ են, իսկ մնացածը՝ ամբողջությամբ կամ մասամբ բաց են (նկ.1. գ)):

ՄՋ համակարգերն ունեն նաև շահագործման զգալի առավելություններ: Նման ՄՄ-ների ավտոմատ ղեկավարումն առանձնահատուկ դժվարություն չունի: Համակարգի կարգավորիչ հանգույցների ճկուն և համակցված աշխատանքի միջոցով կարելի է զգալիորեն նվազեցնել սառնագենտի ծավալը համակարգում, որը հնարավորություն է տալիս բարձրացնել համակարգի էկոլոգիական անվտանգությունը և նվազեցնել ներդրումները նոր սառնագենտների բարձր արժեքների դեպքում: Նվազում են մագնիստրալային խողովակազծերի տրամաչափերը, միացման կարերի թիվը, շահագործման ընթացքում հեշտանում է արտահոսքի հայտնաբերումը համակարգում: Ավելի հուսալի է յուղի վերադարձը կոմպրեսոր: Վերջապես պարզեցվում է ՄՄ-ների շահագործումը ոչ աերոտրոպ սառնագենտների կիրառման դեպքում, ինչպիսիք են R404a, R407c և այլն [7-10]:



Նկ. 1. Միջանկյալ ջերմակրով համակարգերի շրջափուլեր. ա - ՄՁ համակարգի ընդհանուր սխեման, շրջապտույտը գոլորշիացուցիչ-կոնդենսատոր շրջափուլով, բ - ՄՁ համակարգի ընդհանուր սխեման, շրջապտույտը կոնդենսատոր շրջափուլով, գ - ՄՁ համակարգի ընդհանուր սխեման, շրջապտույտը գոլորշիացուցիչ շրջափուլով, դ - ՄՁ համակարգի ընդհանուր սխեման, հովացման շրջափուլը տարվա տաք ժամանակաշրջանի համար

Ավանդական ՉՓ-ներում միջանկյալ սառնագենտ-ՉՓ (պատյանախողովակավոր կոնդենսատոր և գոլորշիացուցիչ) ջերմաստիճանատարբերությունը սառնագենտի ֆազային վիճակի փոխակերպման և միջանկյալ ջերմատարի ջերմաստիճանի միջև կազմում է 6K: Սառեցման հզորության լրացուցիչ կորուստները հասնում են մինչև 23 % և 7 % ՄՁ համակարգերի կիրառման դեպքում, համապատասխանաբար, գոլորշիացուցիչ և կոնդենսատորի վրա (գոլորշիացման ջերմաստիճանը $t_0=+5\text{ }^\circ\text{C}$, և կոնդենսացման ջերմաստիճանը $t_k=+45\text{ }^\circ\text{C}$), ի համեմատ ավանդական սառեցման համակարգերի (նկ. 2):



Նկ. 2. Սառեցման հզորության Q₀ կՎտ կախումը գոլորշիացման t₀ և կոնդենսացման t_ա ջերմաստիճաններից

Արդյունավետ թիթեղնավոր ջերմափոխանակիչների կիրառումը հնարավորություն է տալիս նվազեցնել թերի վերաօգտագործման արժեքը մինչև 3°K, այդ իսկ պատճառով թիթեղնավոր ջերմափոխանակիչներով (գոլորշիացուցիչ և կոնդենսատոր) միջանկյալ ջերմափոխանակիչով համակարգերում սառեցման հզորության կորուստների արժեքները կազմում են, համապատասխանաբար, 12 % և 3 % : Փորձը ցույց է տալիս, որ թիթեղնավոր ջերմափոխանակիչներում հիդրավլիկ կորուստների մեծացումը շրջափուլի արդյունավետության վրա զգալի ազդեցություն չի թողնում: Մյուս կողմից դրանց կիրառումը զգալիորեն բարելավում է համակարգի ծավալազանգվածային և շահագործման բնութագրերը [11, 12]:

Միջանկյալ ջերմակրով համակարգերի աշխատանքի առավել պարզ պատկերացման համար բերված են սարքավորման պարամետրերի հաշվարկային հարաչափերը թիթեղնավոր ջերմափոխանակիչի կիրառմամբ գոլորշիացուցիչի վրա: Սարքավորման սառեցման հզորությունը ընդունվում է 10 կՎտ, երբ շրջակա միջավայրի ջերմաստիճանը 25 °C է և սառեցվող միջավայրինը 18 °C: Բանվորական մարմինը R22 է:

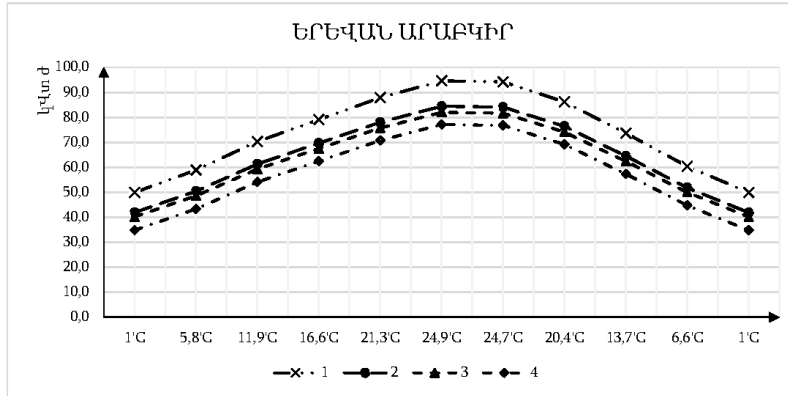
Հաշվարկների իրականացման համար ընդունվել է.

1. կոմպրեսորի կողմից օգտագործված էներգիայի 25 % -ը ծախսվում է ֆրեոնի գերտաքացման վրա,
2. կոմպրեսորի մղման ծավալային գործակիցը դիտարկվել է ֆունկցիա սառնագենտի գոլորշիացման ջերմաստիճանից և ներծծման գերտաքացման արժեքից,
3. էլեկտրաէներգիայի ծախսը խողովակներում միջանկյալ ջերմակրի տեղափոխման վրա հաշվի չի առնվում, քանի որ պոմպի հզորությունն ի համեմատ կոմպրեսորի հզորության շատ փոքր է,
4. հովացման ռեժիմի էներգախնայողությունը հաշվի է առնվել, երբ շրջակա միջավայրի ջերմաստիճանը ցածր է +1 °C:

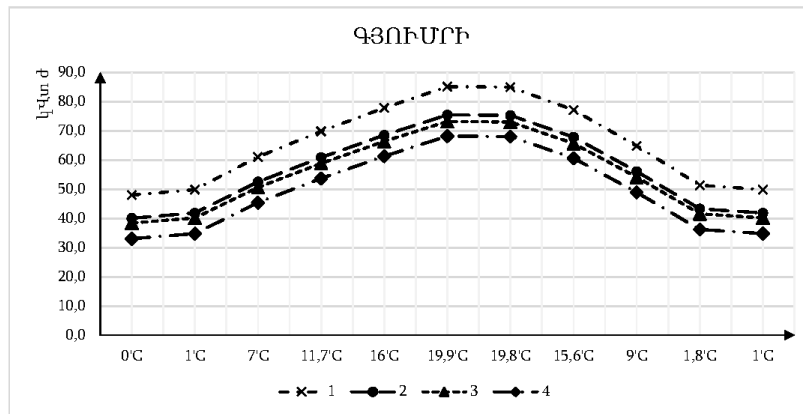
Արդյունքներ և քննարկում

Նկ. 3. ա, բ, գ-ում բերված են օգտագործվող էլեկտրաէներգիայի հաշվարկային կախումը տարվա ժամանակաշրջանների արտաքին օդի ջերմաստիճանից (հովացման խնայողությունը միջանկյալ ջերմատարով համակարգերում) Հայաստանի 3 քաղաքների համար.

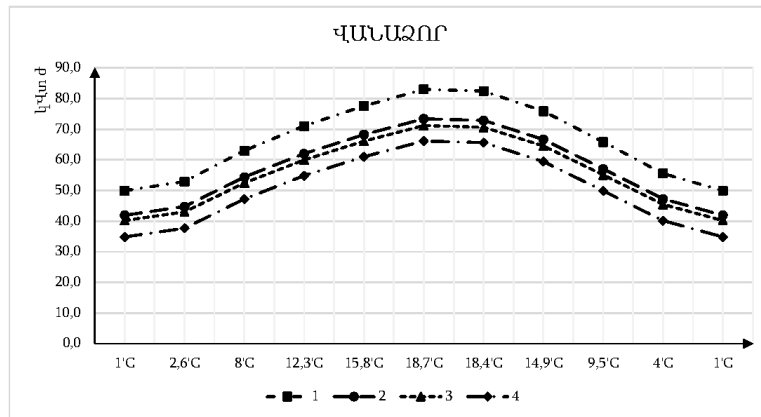
- 1- ՄՁ համակարգի կիրառումը գոլորշիացուցիչի - կոնդենսատորի վրա,
- 2- ՄՁ համակարգի կիրառումը գոլորշիացուցիչի վրա,
- 3- ՄՁ համակարգի կիրառումը կոնդենսատորի վրա,
- 4- համակարգն առանց ՄՁ:



ա)



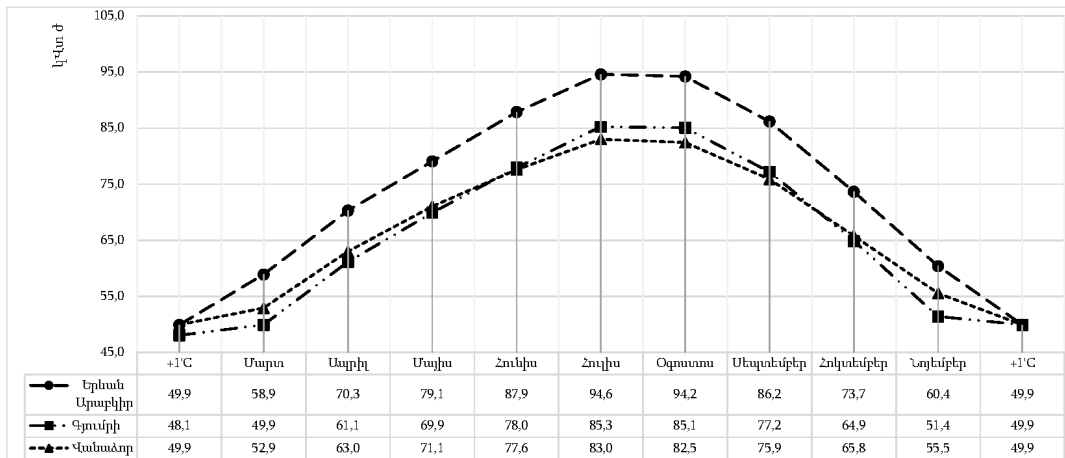
բ)



գ)

Նկ. 3. Էլեկտրաէներգիայի ամսական ծախսերը տարբեր հովացման համակարգերի համար. ա - Երևան, բ - Գյումրի, գ - Վանաձոր

Նկ. 4-ում բերված է Երևանի, Գյումրիի և Վանաձորի օգտագործվող էլեկտրաէներգիայի հաշվարկային կախումը տարվա ժամանակաշրջանների արտաքին օդի ջերմաստիճանից՝ ՄՁ համակարգի կիրառումը գոլորշիացուցիչի - կոնդենսատորի վրա:



Նկ. 4. Երևանում, Գյումրիում և Վանաձորում էլ. էներգիայի ամսական ծախսերը տարբեր հովացման համակարգերի համար

Քաղաքների ընտրությունը պատահական չէ, քանի որ Երևանը գտնվում է տաք գոտում, Վանաձորը՝ չափավոր, Գյումրին՝ ցուրտ [13]:

Ինտեգրելով էլեկտրաէներգիայի ծախսը ամբողջ տարվա համար՝ ստացվում է կրիտերիա, որը բնութագրում է ՄՁ-ի կիրառման արդյունավետությունն էներգախնայողության տեսակետից:

Աղյուսակ

Էլեկտրաէներգիայի խնայողությունը տարբեր տեսակի սառեցման համակարգերում

Ջերմափոխանակիչի տեսակը	ՄՁ գոլորշիացուցիչի վրա, %	ՄՁ կոնդենսատորի վրա, %	ՄՁ կոնդենսատորի և գոլորշիացուցիչի վրա, %
Պատյանախողովակավոր	-2,4	+3,0	-25,7
Թիթեղնավոր	+11,2	+13,8	+0,4

Եզրակացություն

- Հետազոտությանը հիմնավորվել է, որ թիթեղային ջերմափոխանակիչներով ՋՄՀ-ները դառնում են տնտեսապես առավել շահավետ սառեցման համակարգերից մեկը:
- ՋՄՀ-ներով օդի սառեցման համակարգերը կլինեն ավելի արդյունավետ այնպիսի արտադրական տարածքներում, որոնցում առկա է շուրջտարյա դրական ջերմաստիճաններ: Այսպիսի համակարգերի արդյունավետությունն ակնհայտ է հատկապես այնպիսի երկրներում, որոնք ունեն չափավոր և ցուրտ կլիմա:

Գրականության ցանկ

- [1] **Е.Н. Неверов, И.А. Короткий**, Холодильные технологии пищевых продуктов, Кемеровский государственный университет, Кемерово, 2017, 92 с.
- [2] **K.D. Timmerhaus, R.P. Reed**, Cryogenic Engineering: Fifty Years of Progress (International Cryogenics Monograph Series), Springer, 2007, 379 p.
- [3] **A.R. Jha**, Cryogenic Technology and Applications, Elsevier Publishing, 2006, 288 p., <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-7887-2.X5000-X>.
- [4] **K. Ochsner**, Geothermal Heat Pumps (A Guide for Planning and Installing), London-Sterling, VA, 2007, 167 p.
- [5] **П.А. Трубаев, Б.М. Гришко**, Тепловые насосы, Белгород, 2009, 142 с.
- [6] **Г.П. Васильев**, Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли: монография, Издательский дом “Граница”, Москва, 2006, 176 с.
- [7] **А.В. Суслов**, Тепловые насосы для индивидуального загородного строительства. Тепловые насосы 1 (2011) 22-29, <http://www.pump.esco.co.ua/>.
- [8] **Guglielmo Ventura, Lara Risegari**, The Art of Cryogenics, Elsevier, 2008, 379 p.
- [9] **MSN 40-01-2011**. Interstate regulatory documents in the construction of EurAsEC. Internal heating, ventilation and air conditioning systems, Moscow, 2011.
- [10] **Thomas Flynn**, Cryogenic Engineering, New York, 2005, 895 p.
- [11] **Steven W. Van Sciver**, Helium Cryogenics, Florida State University, 2012, 487 p.
- [12] **ГОСТ Р 58536.2- 2022**. Кондиционеры, агрегатированные охладители жидкости, тепловые насосы, технологические чиллеры и осушители с компрессорами с электроприводом, Российский институт стандартизации, Москва, 2022, 27 с.
- [13] **ՀՀՇՆ 22-01-2024**. Շինարարական կլիմայաբանություն. Հայաստանի Հանրապետության շինարարական նորմեր, 259 էջ:

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ

Карен Ашотович Мовсисян

*Национальный университет архитектуры и строительства Армении, г. Ереван, РА
karen.movsisyan1999@gmail.com*

Цель исследования – изучить принцип работы холодильных машин с промежуточным теплообменником, рассмотреть наиболее подходящие из типов, в частности, для использования в Республике Армения. В настоящее время широкое распространение получили холодильные установки, осуществляющие цикл охлаждения с промежуточным теплообменником. Использование систем с промежуточным теплоносителем позволяет отключать контур с хладагентом в холодный период года, а передачу тепла осуществлять непосредственно в окружающую среду через дополнительный теплообменник промежуточного теплоносителя, что, в свою очередь, приводит к экономии энергии. В статье исследованы циклы холодильных установок, работающих с промежуточным теплоноси-

теlem, с подачей промежуточного теплоносителя в конденсатор и испаритель, как вместе, так и без промежуточного теплоносителя. Рассчитаны наиболее энергосберегающие и энергоэффективные из них, в частности, для жарких, умеренных и холодных регионов Армении. Результаты представлены в виде графиков.

Ключевые слова: промежуточный теплоноситель, холодильная установка, испаритель, конденсатор, кожухотрубный теплообменник, пластинчатый теплообменник

RESEARCH OF ENERGY EFFICIENCY OF REFRIGERATION SYSTEMS USING INTERMEDIATE COOLANT

Karen Movsisyan

National University of Architecture and Construction of Armenia, Yerevan, RA

karen.movsisyan1999@gmail.com

The purpose of the research is to study the operating principle of refrigeration machines with an intermediate heat exchanger, to consider the most suitable types, in particular for use in the Republic of Armenia. Currently, such refrigeration units that carry out a cooling cycle with an intermediate heat exchanger have become widespread. The use of systems with an intermediate coolant allows you to turn off the refrigerant circuit during the cold season, and transfer heat directly to the environment through an additional heat exchanger for the intermediate coolant, which in turn leads to energy savings. The article examines the cycles of refrigeration units operating with an intermediate coolant, with the supply of an intermediate coolant to the condenser, to the evaporator, both together and without an intermediate coolant. The most energy saving and energy-efficient of them are calculated, in particular, for the hot, temperate and cold regions of Armenia. The results are presented in the form of graphs.

Keywords: *intermediate coolant, refrigeration unit, evaporator, condenser, shell-and-tube heat exchanger, plate heat exchanger*

Մովսիսյան Կարեն Աշոտի (ՀՀ, ք. Երևան) – ՃՇՀԱՀ, ԶԳՄՕ ամբիոն, ասպիրանտ, (+374)96230440, karen.movsisyan1999@gmail.com

Мовсисян Карен Ашотович (РА, г. Ереван) - HVACА, кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции, аспирант, (+374)96230440, karen.movsisyan1999@gmail.com

Movsisyan Karen (RA, Yerevan) - NUACA, Chair of ventilation, gas and heat supply, PhD student, (+374)96230440, karen.movsisyan1999@gmail.com

Ներկայացվել է՝ 20.05.2024թ.

Գրախոսվել է՝ 11.06.2024թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 30.08.2024թ.