

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ  
ТА ЕКОЕНЕРГЕТИКИ ІМ. В. С. МАРТИНОВСЬКОГО



## **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

**ЗА МАТЕРІАЛАМИ  
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ  
ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦІЇ**

**МОЛОДИХ ВЧЕНИХ, АСПІРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ**

**«СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ  
ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЇ»**

*27-28 листопада 2020 року*



Одеса - 2020

УДК 621.56/59(03)

ББК 31.3

К-14

**Збірник докладів підготовлений під редакцією  
доктора технічних наук, професора Хмельнюка М.Г Науковий секретар - к.т.н.доц.  
Жихарєва Н.В.**

*За достовірність інформації відповідає автор публікації*

**Збірник наукових праць** за матеріалами Всеукраїнської науковотехнічної онлайн-конференції молодих учених та студентів «**Сучасні проблеми холодильної техніки і технології**» 27-28 листопада 2020 року. – Одеса : ТЕС., 2020. – 175 с.

До збірника включені матеріали сучасних наукових досліджень студентів, магістрів та аспірантів різних університетів і академій України.

Розглянуто наступні напрямки досліджень: холодильні машини і установки; теплообмінні апарати і процеси тепло масообміну; робочі речовини холодильних машин; системи кондиціонування повітря; Компресори та пневмоагрегати; енергетичні та екологічні проблеми холодильної техніки;холодильна технології; кріогенна техніка; інформаційні технології в холодильній техніці

©Одеська національна академія харчових технологій,2020

© Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В. С. Мартиновського

## НАУКОВИЙ КОМІТЕТ

**Голова - Єгоров Б.В.** - ректор Одеської національної академії харчових технологій, Заслужений діяч науки і техніки України, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, д-р техн. наук, професор

**Поварова Н.М.** – к.т.н., доцент, проректор з наукової роботи Одеської національної академії харчових технологій;

**Косой Б.В.** – д.т.н., професор, директор навчально-наукового Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики Одеської національної академії харчових технологій;

**Хмельнюк М.Г.** - зав. кафедрою холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор;

**Мілованов В.І.** - зав. кафедрою компресорів та пневмоагрегатів ОНАХТ, заслужений діяч науки і техніки України, д-р техн. наук, професор;

**Морозюк Л.І.** - д-р техн. наук, професор;

**Потапов В.О.** - Харківський державний університет харчування і торгівлі, д.т.н., професор;

**Радченко М.І.** - зав. кафедрою кондиціонування і рефрижерації НУК, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор;

**Симоненко Ю.М.** - зав. кафедрою кріогенної техніки ОНАХТ, д-р техн. наук, професор

### Організаційний комітет:

**Голова** – д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г.;

**Науковий секретар** - к.т.н.доц. Жихарева Н.В.

**Члени оргкомітету** - к.т.н. доц. Зімін О.В., к.т.н.доц. Когут В.О., к.т.н. Яковлева О.Ю., к.т.н.доц. Желіба Ю.О., к.т.н. Трандафілов В.В., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н.доц. Подмазко О.С.

### Тематичні напрями:

- холодильні машини і установки
- теплообмінні апарати і процеси тепломасообміну
- робочі речовини холодильних машин
- системи кондиціонування повітря
- компресори та пневмоагрегати
- енергетичні та екологічні проблеми холодильної техніки
- холодильна технологія
- кріогенна техніка
- інформаційні технології в холодильній техніці

## THE SEARCH OF ENERGY-EFFICIENT OPERATION MODE OF AMMONIA-WATER ABSORPTION REFRIGERATION MACHINES

*Osadchuk E.A., assistant, Kirilov V.Kh., prof., Titlov A.S. prof. ONAFT,*

Since ancient times, fresh water, in very limited quantities, has been obtained by collecting condensed droplets from the air as a result of natural daily radiative cooling of the earth's surface (cooling at night porous stones with dew). When the temperature is lowered by 10–15 °C, 10–14 g of water can be isolated from each cubic meter. To increase the efficiency of the process of water vapor condensation, intensifying elements – cold accumulators (rubble), heat pipes providing heat transfer over considerable distances and a system of sorbents operating in a cyclic "charge–discharge" mode are used in these conditions.

In our time, the main volume of the market for equipment for the separation of water from the air falls on systems that include a compression refrigerating unit with an electric drive, which is guaranteed to ensure a temperature below the dew point. To obtain 1 liter of water, it is required to spend about 1 kWh of electricity, and on average from the air flow of 1 kg/s to allocate ~ 10 g/s of water. With a refrigerating coefficient of a compression refrigerating machine equal to 3, an energy of the order of ~ 0.33 kWh will be expended on the production of 1 liter of water. At the same time, the use of compression plants is promising only for productivity up to 3–4 liters of water per hour. At a higher capacity, the overall dimensions of the installation are significantly increased.

An incomparably greater, in comparison with compression analogs, the productivity of systems for obtaining water from atmospheric air can be achieved by adiabatic expansion in the turbo–expander of an air–cooled machine. Such machines are successfully used in space technology when launching aircraft.

However, there are many places in the world, and these are the countries of Africa, South–East Asia, South America, where in addition to water problems there are problems with electricity, and in the light of global problems with the depletion of the world's oil and gas resources – this problem becomes problematic. These problems are typical for the southern region of Ukraine.

In this regard, the developers of systems for obtaining water from the air give considerable attention to heat–utilizing refrigeration plants, the source of heat in which is solar energy. One of the promising areas is the possibility of using the existing infrastructure of solar water heaters, the total volume of collector areas in the world is more than 200 million m<sup>2</sup>.

Of all possible types of heat–consuming machines, developers choose their sorption refrigeration machines – with a solid absorber (adsorption type) and a liquid absorber (absorption type).

The drawbacks of modern adsorption schemes and absorption schemes include their attachment to liquid cooling systems for heat dissipating elements (condenser and absorber), which assume the presence of a cooling tower and the cost of water for evaporative cooling. Obviously, this makes their use in arid regions where water scarcity is observed, inappropriate.

At the same time, it is possible to distinguish schemes with an aqueous ammonia solution as a working fluid among the absorption schemes, which are fairly simple to realize even in the case of air removal of the heat of the cooling cycle from heat dissipating elements, in particular, in pumping schemes with equalizing inert gas.

Nevertheless, absorption air-cooled schematics with air-cooled heat dissipating elements in most cases can not be directly used in systems for obtaining water from atmospheric air when working with solar collectors. This is due to the fact that at present the main solar collector fleet consists of structures with water as the coolant [8]. The maximum temperature of heating in such systems does not exceed 100 °C, and this is not enough for the full realization of the absorption water-ammonia refrigerating cycle even in the temperate climate zone, both for the pumping scheme (optimal operating range 120–140 °C) and for the pump-free (optimal operating range 150–170 °C). An increased level of temperatures in the non-suspension scheme is associated with the presence of an inertial gas (traditionally hydrogen), which allows to get rid of the pumping elements of the structure.

It should also be noted that the working body of water-ammonia refrigeration units, both pumping and non-pumping type, is a natural working medium – a water-ammonia solution (VAS), which does not adversely affect the ecosystem of the planet. In addition, ammonia makes it possible to expand the field of application of absorption refrigeration systems in terms of lowering the temperature of a cold source below 0 °C, for example, for air conditioning or refrigerating storage of food and raw materials.

Thus, research and development of heat-absorbing absorption water-ammonia cooling units with solar water collectors for systems for obtaining water from atmospheric air in terms of expanding their field of application can be considered relevant.

One of the features of absorption refrigerators of all types is the interdependence of temperatures in the characteristic processes of the cycle—the temperature of the heating medium  $t_h$ , the temperature of the cooling medium  $t_{oc}$ , and the temperature of the cooling object  $t_{ob}$ . Of the three temperatures, only two can be arbitrarily assigned.

As practice shows, the operation of the refrigeration unit should provide a given level of cooling ( $t_{ob}$ ), and the installation itself should operate under appropriate climatic conditions, that is, at a given temperature of the cooling medium. Therefore, the real parameter that can change is only the temperature of the heating source.

Modern calculation methods do not take into account such interdependence of temperatures in the absorption refrigeration cycle, since they allow the presence of a source of thermal energy with only the necessary temperature potential.

At the first stage of the research, an algorithm was developed for calculating AWCU pump cycles for working with low-potential sources of thermal energy.

Initial data for the calculation were adopted:

a) temperature of the cooling medium  $t_{oc}$ ;

b) temperature of the cooling object  $t_{ob}$ ;

c)  $Q_D$  : temperature differences on elements that do not explicitly take into account heat exc : conditions and under-recovery of heat:

- temperature difference between the weak WAS and the generator's heating source of heat;

- temperature head in the condenser, absorber, dephlegmator with cooling medium;

- temperature head between the fluxes of weak and strong WAS at the cold end of RHS;

d) refrigerating capacity of the evaporator  $Q_0$ .

The variable parameter is the temperature of the heating source of heat  $t_h$ .

At the first stage of the research on the above algorithm, a search was made for the temperature range of the heating source ( $t_h$ ), which would satisfy the conditions of operation of AWCU ( $t_{oc}$ ) requirements for the cooling object ( $t_{ob}$ ).

The relevance of this research was due to the fact that some modes of operation of AWCU can not be organized because of the insufficiently high temperature of the heating source. So, for example, the level of cooling temperatures in the evaporator requires an appropriate pressure level  $P_o$  both in the evaporator and in the absorber. The equilibrium temperature of the strong WAS in the absorber  $t_{kp.A}''$  should be higher than the temperature of the cooling medium in order to ensure removal of the heat of absorption. The mass fraction of ammonia in the strong WAS  $\xi'_{kp.}$  is determined by the values of  $P_o$  and  $t_{kp.A}''$ , and for the organization of the absorption process, a certain degassing zone is necessary-the difference in the mass fractions of ammonia in the strong  $\xi'_{kp.}$  and weak  $\xi'_{cn.}$  WAS. In turn, the mass fraction of ammonia in the weak WAS  $\xi'_{cn.}$  is determined by the values of the condensation-generation pressure and the temperature of the heating source.

The algorithm for searching the AWCU operating modes was as follows.

At the first stage, the temperatures of the cooling object were set  $t_{ob} = \text{minus } 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ; minus  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ ; minus  $5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

For each value  $t_{ob}$ , a calculation was made with a fixed value with a range of  $25 \dots 43 \text{ }^\circ\text{C}$  in steps of  $1 \text{ }^\circ\text{C}$ .

For the given values, we calculated the circulation multiplicity with a variable in steps of  $1 \text{ }^\circ\text{C}$ .

In case the multiplicity of the circulation is a positive value, it was concluded that the operation mode of AWCU can be realized, and otherwise, when the circulation multiplicity was negative, it was concluded that the operating mode does not exist.

An analytical relationship between the temperature of the cooling medium ( $t_{oc}$ ), the temperature of the cooling object ( $t_{ob}$ ), and the temperature of the heating source ( $t_h$ ) is obtained under the condition of the maximum value of the thermal coefficient.

The dependence has the following form:

$$t_h = \frac{a + bt_{oc} + ct_{oc}^2 + dt_{ob} + et_{ob}^2 + ft_{ob}^3}{1 + kt_{oc} + lt_{oc}^2 + mt_{ob} + nt_{ob}^2}, \quad (1)$$

where:  $a = 47,74648658$ ;  $b = -1,01853416$ ;  $c = 0,013464939$ ;  $d = -1,12675283$ ;  $e = 0,02319431$ ;  $f = -0,00017897$ ;  $k = -0,03803459$ ;  $l = 0,00049505$ ;  $m = -0,00750582$ ;  $n = 0,000151575$ ; dimension of temperature –  $^\circ\text{C}$ .

The maximum error of the analytical dependence is 5.3%. The average error is 1.1%.

## CONCLUSIONS

1. As a result of the conducted studies, it was shown that when implementing the traditional AWCU cycles, regimes with the maximum energy efficiency are available in practical temperature ranges of the cooling medium (from 20 to 45 ° C) and cooling objects (from -30 to 15 ° C), and to achieve such optimal modes the appropriate combination of the composition of strong WAS and the temperature of the heating source is necessary.
2. The scheme of the AWCU with the booster compressor in front of the condenser is proposed for operation as part of the system for obtaining water from atmospheric air with a heat source from the solar collectors with water as a coolant, which, despite the additional expenditure of energy for the compressor drive, can ensure the operation of AWCU with sources heat from 80 ° C, and with increasing temperature of the heating source from 80 ° C to 100 ° C the energy efficiency of AWCU grows 2 times.
3. The comparative analysis of the energy characteristics of the AWCU cycle with the booster compressor and the cycle of VCCU operating on the ideal Carnot cycle showed the advantage of AWCU, starting at the temperature of the heating source of 100 ° C.
4. The application of a non-pump AWCU allows the realization of an absolutely autonomous method for obtaining water from atmospheric air, whose increased productivity depends only on the intensity of solar thermal radiation and is constant during a daylight.

UDC 621.365.5

### **DESIGN OF PERIODIC OPERATION AMMONIA-WATER ABSORPTION REFRIGERATION UNITS IN ATMOSPHERIC WATER GENERATION SYSTEMS**

*Ozolin N.E., Titlov A.S., Kravchenko V.V., prof., Titlov A.S. prof. ONAFT, Odessa,*

It is a common knowledge that one of the most valuable resources in the future of our planet is going to be fresh water, and the demand for water resources is already one of the main factors in global logistics of contemporary world, and this trend will only grow in the foreseeable future. One of the developments in water production technology is mechanical air dehumidification — condensation of water vapor on the surfaces with a temperature below the dew point. In this case, there are great prospects for the methods associated with the work of independent generators of cold — chillers that are guaranteed to provide the temperature below the dew point temperature. A necessary condition for operation of compression refrigeration machine is the availability of electrical energy. At the same time, the majority of countries facing water scarcity are limited in energy resources, too. Often the readily available source of energy in there is the sun.

In this regard there have been developed original schemes of absorption water-ammonia refrigeration units of periodic operation (AWRU PO) based on solar collectors, which differ with autonomy and independence from the sources of electrical energy, and unlike heat-analogues (steam jet and lithium-bromide absorption) can be operated with air cooling of their heat-dissipating elements.

**ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПУ ЛЕ ШАТЕЛЬЄ-БРАУНА ПІД ЧАС МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛООБМІНУ В УСТАНОВКАХ АКУМУЛЮВАННЯ ХОЛОДУ**

*Р.В.Грищенко, асистент, С.М.Василенко, завідувач кафедри ТЕХТ, Національний університет харчових технологій, м.Київ.....78*

**ВЕРИФІКАЦІЯ ANSYS CFX-КОДУ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛООБМІНУ ПІД ЧАС ТАНЕННЯ ЛЬОДУ В ЗАМКНЕНІЙ ПОРОЖНИНІ**

*Грищенко Р.В., асистент, Форсюк А.В., професор кафедри ТЕХТ, Національний університет харчових технологій, м.Київ.....80*

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ КАМЕРИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДІВ З РЕТРОФІТУ.**

*Дудко А.Н.,аспірант, Ершов В.О., аспірант, Козут В.О., к.т.н., доцент, Жихарева Н.В., к.т.н., доцент., ОНАХТ Одеса..... 83.*

**MATHEMATICAL ASPECTS OF SYSTEM AIR CONDITIONING, CREATING DECORATIVE FOUNTAINS FOR COOLING AIR**

*Zhykharieva N. s.t.f., ass. Prof, ONAFT,. Kogut V. s.t.f., ass. Prof., ONAFT, Krushelnyskkyi D., graduate student ONAFT, student ONAFT Dragnev M..... 85*

**THE SEARCH OF ENERGY-EFFICIENT OPERATION MODE OF AMMONIA-WATER ABSORPTION REFRIGERATION MACHINES**

*Osadchuk E.A.,assistant, Kirilov V.Kh., prof.,Titlov A.S. prof. ONAFT..... 88*

**DESIGN OF PERIODIC OPERATION AMMONIA-WATER ABSORPTION REFRIGERATION UNITS IN ATMOSPHERIC WATER GENERATION SYSTEMS**

*Ozolin N.E., Titlov A.S., Kravchenko V.V., prof.,Titlov A.S. prof. ONAFT,..... 91*

**РОЗРОБКА АВТОНОМНИХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕННЯ НА БАЗИ ПОНОВЛЮВАНИХ І НЕПРИДАТНИХ ДЖЕРЕЛ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ**

*Алімкешова А.Х.І, Джамашева Р.А.І, Цой О.П.І, канд. техн. наук, професор д-р техн. наук, професор Титлов А.С.<sup>2</sup>1 – Алматинський технологічний університет 2 – Одеська національна академія харчових технологій..... 95*

**РОЗРОБКА І ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З КОМБІНОВАНИМ ВИКОРИСТАННЯМ ТРАДИЦІЙНИХ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ**

*Балаєвич О.О., магістр, Тітлов О.С., д-р техн. наук, професор ОНАХТ.....97*

**РОЗРОБКА ПРИНЦИПІВ УПРАВЛІННЯ ХОЛОДИЛЬНИМИ АПАРАТАМИ АБСОРБЦІЙНОГО ТИПУ**

*Березовська Л.В., аспірант, Тітлов О.С., д-р техн. наук, професор, Тітлова О.О., канд. техн. наук, доцент, ОНАХТ..... 101*

**ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ТЕПЛОАВАНТАЖЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З КОМБІНОВАНИМ ВИКОРИСТАННЯМ ТРАДИЦІЙНИХ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ**

*Білецький А.М., магістр, Тітлов О.С., д-р техн. наук, професор ОНАХТ..... 102*

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ ТА  
ЕКОЕНЕРГЕТИКИ ІМ. В. С. МАРТИНОВСЬКОГО

## **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

ЗА МАТЕРІАЛАМИ  
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ  
ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦІЇ

МОЛОДИХ ВЧЕНИХ, АСПРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ

## **«СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЇ»**

*27-28 листопада 2020 року*

©Одеська національна академія харчових технологій  
© Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій  
та екоенергетики ім. В. С. Мартиновського