

**Міністерство освіти і науки України  
Одеський національний технологічний університет  
Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій  
та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського ОНТУ**



**XIII ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ  
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ  
MODERN PROBLEMS OF REFRIGERATION EQUIPMENT AND TECHNOLOGY**

*23-25 вересня 2021 року*

**ЗБІРНИК ДОКЛАДІВ**



Одеса - 2021

**УДК 621.565; 621.**

Сучасні проблеми холодильної техніки та технології / Збірник тез доповідей XII Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса: ОНТУ, 2021. –196 с.

У збірнику наведені матеріали XIII Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні проблеми холодильної техніки та технології» та розглянуто різні аспекти науково-технічних питань, пов'язаних з проектуванням, виготовленням та експлуатацією холодильного обладнання різного призначення, обладнання кондиціонування повітря, дослідженням робочих тіл та процесів в елементах холодильних та кріогенних систем, застосуванням нано та когенераційних технологій, використанням холоду в харчових технологіях, застосуванням і впровадженням нетрадиційних джерел енергії.

Матеріали, занесені до збірника, друкуються за авторськими оригіналами. За достовірність інформації відповідає автор публікації.

### **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

**Заступники голови**

**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;

**Члени наукового комітету:**

**Вансєв С.М.**- Сумський державний університет, к.т.н., доцент;

**Семенюк Ю.В.** - зав. кафедрою теплофізики та прикладної екології ОНАХТ, д.т.н., професор;

**Лабай В. Й.** - Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор;

**Лавренченко Г.К.** – д.т.н., професор;

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

**Морозюк Л.І.** - д.т.н., 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.т.н., професор;

**Симоненко Ю.М.** - зав. кафедрою криогенної техніки ОНАХТ, д.т.н., професор;

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

### **Організаційний комітет:**

**Голова** - проф. Хмельнюк М.Г.;

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

**Члени оргкомітету** - к.т.н. Зімін О.В., к.т.н. Когут В.О., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Трандафілов В.В., к.т.н. Грудка Б.Г., аспірант Дудко О.М., аспірант Крушельницький Д.О.

UDK 621.517: 62-717

## DEVELOPMENT OF THERMOPRESSOR SYSTEMS FOR AIR INTERCOOLING IN MULTISTAGE COMPRESSORS

Halina Kobalava, Teacher of Thermal Engineering Department, g.lavamay@gmail.com

Dmytro Konovalov, D.Sc., Head of Thermal Engineering Department

Viacheslav Shkvorchenko, Student

Admiral Makarov National University of Shipbuilding

Kherson Branch, Ukraine

There are a number of technologies available to improve the efficiency of the air compression process in multistage compressors. Particular attention is paid to cycles with water or steam injection along the path of the compressor section of gas turbine engines to humidify the working fluid [1, 2] and reduce the temperature. An alternative way to inject water into the air flow between the compressors is to use a thermopressor (Fig. 1a). If the optimal geometric parameters were selected, the rational organization of thermophysical processes in the flow path of the thermopressor could be possible. The correct selection of these parameters will ensure the evaporation of the water amount (80–85%) in the thermopressor and the additional evaporation of remaining water (15–20%) in the flow path of the high-pressure compressor. In this case, the water droplets diameter entering the compressor will not exceed 20  $\mu\text{m}$  [3].

The choice of such optimal geometric parameters of the thermopressor, as well as the determination of the characteristics and injection mode (flow velocity; average, maximum and minimum droplet diameters; inlet air temperature; relative water flow rate, air pressure and air flow rate) (Fig. 1b) should be carried out according to the results of an experimental study of working processes and in numerical modeling [2, 3].

To carry out numerical modeling, the finite volume method was applied, which is implemented in the ANSYS Fluent software package. The Eulerian-Lagrangian approach was used to simulate the interaction of injected water droplets and air flow. A two-parameter  $k$ - $\varepsilon$  Realizable turbulence model from the RANS group of models was used to investigate the behavior of the air flow [4, 5]. Discrete Phase Model was used to simulate the movement of water droplets [4].

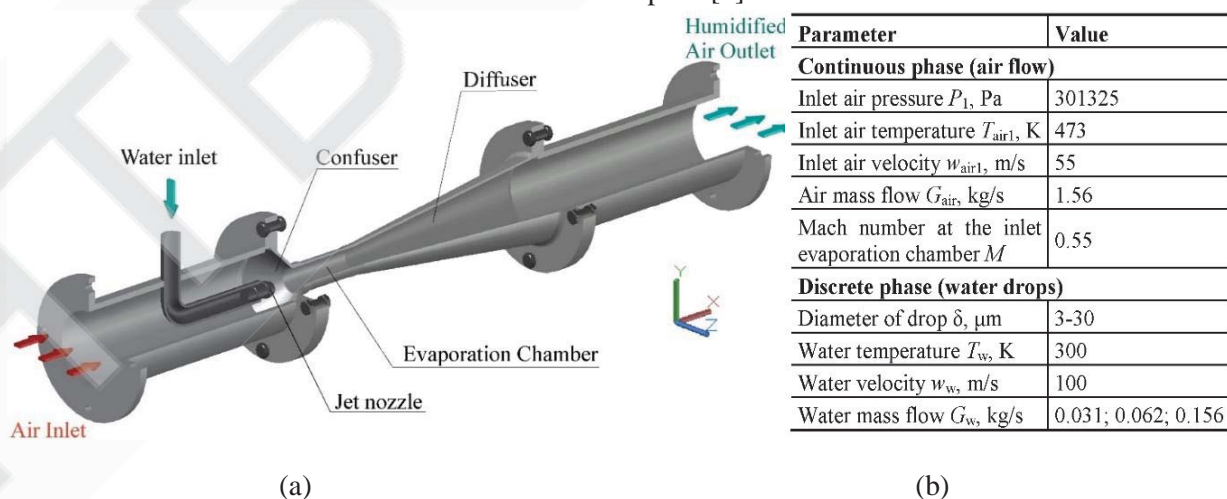


Fig. 1. 3D model of the thermopressor (a),  
 and the main inlet parameters of the airflow and water injection (b)

To analyze the gas turbine cycle, the well-known calculation methods were used [2, 3]. The calculation of the gas turbine cycles was carried out for the degrees of pressure increase  $\pi_c = 12\text{--}40$ .

The increase in total pressure as a result of thermogasdynamic compression (Fig. 2) was  $\Delta P_{tp} = 2.8\text{ kPa}$  (2.1 %) relative to the inlet pressure. It should be noted that the cyclic air cooling in the thermopressor is  $\Delta T_{tp} = 135\text{ K}$  (Fig. 2), from the initial temperature  $T_{tp1} = 473\text{ K}$  (200 °C) to the outlet temperature  $T_{tp2} = 340\text{ K}$  (67 °C).

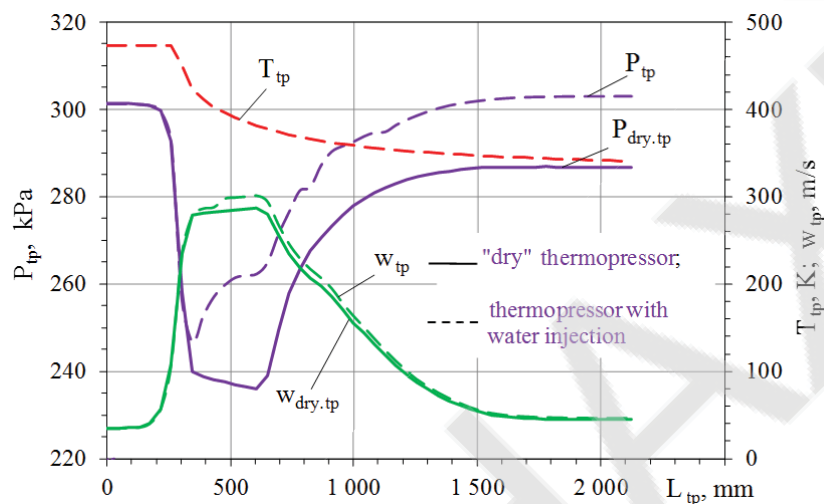


Fig. 2. Dependences of the flow main characteristics: total pressure  $P_{tp}$ , flow velocity  $w_{tp}$ , flow temperature  $T_{tp}$  on the length of the thermopressor flow part  $L_{tp}$

The use of the thermopressor made it possible to reduce the air temperature between the compressor stages by  $t_{2tp} = 50\text{--}70\text{ °C}$ , that is, up to  $50\text{--}110\text{ °C}$ .

Such a decrease in temperature under thermo-gas-dynamic compression conditions made it possible to increase the pressure by  $\Delta P_{tp} = 12\text{--}28\text{ kPa}$ , that is, up to 4–9%. Contact air cooling by using the thermopressor allowed to reduce the compressor compression work by 2.5–3.0%.

A decrease in the compressor operation and a simultaneous increase in the amount of the working fluid in the cycle makes it possible to increase the efficiency GTP by  $\Delta\eta_e = 0.01\text{--}0.02$  (1–2 %). In this case, the specific fuel consumption will decrease by  $\Delta g_e = 5\text{--}10\text{ g/(kW}\cdot\text{h)}$ . At the same time, the gas turbine specific power is increased by  $\Delta N_s = 5\text{--}30\text{ kW/(kg/s)}$ , which is 3–10 % (Fig. 4). The simulation of the gas turbine operation was carried out for the range of degrees of pressure increase in compressor stages of the gas turbine  $\pi_c = 12\text{--}42$ , which are typical for the operation mode according to the classical cycle.

**Conclusion.** It has been determined that the thermopressor allows to increase the air pressure between the compressor stages by 4–9%, as a result of which the compression work in the compressor stages decreases; increase the amount of the working fluid in the cycle by  $g_w = 2\text{--}4\%$ , and, as a consequence, increase the specific power of the gas turbine by 3–10%.

## References

1. Reale, M. J. (2004). New High Efficiency Simple Cycle Gas Turbine – GE's LMS100. GE Energy, 15 p.
2. Kobalava H., Konovalov, D., Radchenko, R., Forduy, S., & Maksymov, V. (2021). Numerical Simulation of an Aerothermopressor with Incomplete Evaporation for Intercooling of the Gas

Turbine Engine. Kobalava H. Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering, ICTM 2020. Lecture Notes in Networks and Systems, Vol. 188, pp. 519-530.

3. Konovalov, D., Kobalava, H., Radchenko, M., Sviridov, V., Scurtu, I.C. (2021). Optimal Sizing of the Evaporation Chamber in the Low-Flow Aerothermopressor for a Combustion Engine. Advanced Manufacturing Processes II. InterPartner 2020, LNME, pp. 654-663.

4. Jafarmadar, S., & Jahangirami, A. (2016). Numerical Simulation of Flash Boiling Effect in a 3-Dimensional Chamber Using Computational Fluid Dynamic Techniques. International Journal of Engineering, Vol. 29(5), pp. 87-95.

5. Shi X., Jiang G., Gao J. (2019). Heat transfer comparison investigation of mist/steam two-phase flow and steam in a square smooth channel. Proc. IMechE, Part A: J Power and Energy, 233(7), pp. 877-889.

УДК 697.94:621.565

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ ПОВІТРЯ В СИСТЕМАХ КОМФОРТНОГО КОНДИЦІЮВАННЯ

*Жихарева Н.В., к.т.н., ОНТУ м. Одеса, zikhareva.nata@gmail.com*

В умовах прискорення науково-технічного прогресу завдання підвищення енергоефективності систем кондиціонування має важливе значення, оскільки їх рішення, окрім підвищення ефективності капітальних вкладень, забезпечує енергозбереження, економію матеріалів, а також покращення умов праці людей і навколишнього середовища.

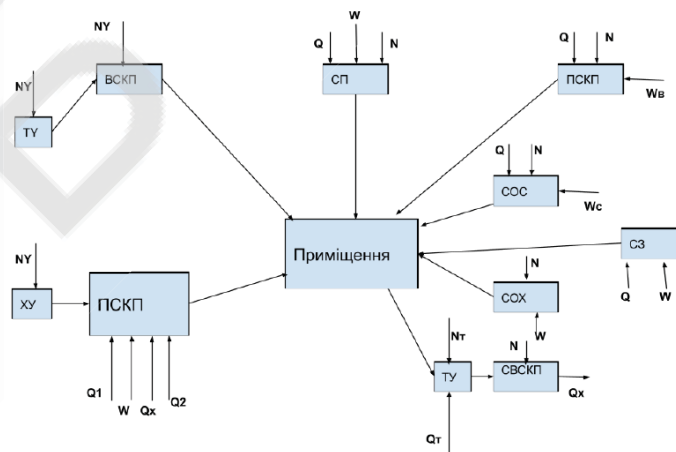


Рис. 1. Модель оптимізації комплексу СКП+ХП+П; ПСКП-припливна СКП; СВСКП- витяжна система СКП; ТУ-теплоутилізатор; СОХ - система охолодження; ХУ- холодильне постачання; СЗ- система зволоження; СОС- система осушення; СП- система підігріву; Q, - витрата тепла або холоду кВт, W- витрата води кг/с; N – витрата електроенергії кВт

ЗМ ІСТ

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

	стор
<b>1 ДУАЛЬНЕ НАВЧАННЯ ТА ХОЛОДИЛЬНА ТЕХНІКА</b> <i>Кухаренко В.М., професор, ХНАДУ, Харків</i>	<b>10</b>
<b>2 ПРАКТИКА СТУДЕНТІВ У ВІРТУАЛЬНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ КОМПАНІЯХ</b> <i>Кухаренко В.М., професор, ХНАДУ, Харків Сословський В.Г., пров.інженер Центру електронного навчання ХНУ ім. В.Н. Каразіна в. Войченко О.П., науковий співробітник Міжнародного навчально-наукового центру інформаційних технологій та систем НАН України та МОН</i>	<b>13</b>
<b>3 DEVELOPMENT OF THERMOPRESSOR SYSTEMS FOR AIR INTERCOOLING IN MULTISTAGE COMPRESSORS</b> <i>Halina Kobalava, Teacher of Thermal Engineering Department, g.lavamay@gmail.com Dmytro Konovalov, D.Sc., Head of Thermal Engineering Department Viacheslav Shkvorchenko, Student Admiral Makarov National University of Shipbuilding Kherson Branch, Ukraine</i>	<b>18</b>
<b>4 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ ПОВІТРЯ В СИСТЕМАХ КОМФОРТНОГО КОНДИЦІОНУВАННЯ</b> <i>Жихарева Н.В., к.т.н., доц. Одеський національний технологічний університет</i>	<b>20</b>

СЕКЦІЯ №1–ХОЛОДИЛЬНІ УСТАНОВКИ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

<b>1 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТЕПЛОВОЇ ПОМПИ SPLIT-КОНДИЦІОНЕРА</b> <i>Лабай В.Й., д.т.н., Ярослав В.Ю., ст. викл., Генсецький М.П., к.т.н., НУЛП, м. Львів,</i>	<b>26</b>
<b>2 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ТЕЛА В ТРИГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВКАХ НА ОЦР</b> <i>Овсянник А. В., к.т.н., доцент, ГГТУ им. П. О. Сухого, Гомель, Ключинский В. П., аспирант, ГГТУ им. П. О. Сухого, Гомель,</i>	<b>29</b>
<b>3 СИСТЕМЫ ТРАНСФОРМАЦИИ ТЕПЛА С ТЕПЛОВЫМИ ТРУБАМИ И ТЕРМОСИФОНАМИ</b> <i>Васильев Л.Л., д.т.н., профессор, Журавлёв А.С., к.т.н., Рабецкий М.И., к.т.н., Гракович Л.П., к.т.н., Драгун Л.А., ИТМО НАН имени А.В. Лыкова Беларуси, г. Минск,</i>	<b>32</b>
<b>4 АВТОНОМНА СИСТЕМА ОТРИМАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ЗА РАХУНОК УТИЛІЗАЦІЇ НАДЛИШКОВОГО ТЕПЛА</b> <i>Зур'ян О.В.<sup>1</sup>, науковий співробітник, Ніколаєвська Н.В.<sup>1</sup>, науковий співробітник <sup>1</sup>Інститут відновлюваної енергетики НАН України, вул. Гната Хоткевича 20-а, м. Київ,</i>	<b>35</b>
<b>5 УДОСКОНАЛЕНА АГНКС З ГАЗОГІДРАТНИМ АКУМУЛЯТОРОМ</b> <i>В.В. Клименко, проф., д-р. техн. наук., М.В. Босий, викл., С.М. Якименко, доц, к.ф.-мат наук, ЦНТУ, м. Кропивницький</i>	<b>39</b>
<b>6 МОРОЗИЛЬНИКИ ДЛЯ ХРАНЕННЯ ВАКЦИН И КЛЕТОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР ОТ -90°С ПРИ +32°С</b> <i>Мостицкий А.В., Баклан О.В., Литвиненко М.П., Кокул С.В., младший научный сотрудник ООО «НПО «ДНИПРО - МТО»» Киев, 03164, Украина,</i>	<b>41</b>
<b>7 ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ СОПЛА АКТИВНОГО ПОТОКУ РІДИННО-ПАРОВОГО СТРУМИННОГО АПАРАТУ</b> <i>Шарапов С. О., Гусев Д. М., аспирант, СумДУ, м. Суми</i>	<b>44</b>

*Матеріали XIII Всеукраїнської науково-технічної конференції  
«Сучасні проблеми холодильної техніки і технології», 23 по 25 вересня 2021*

**Міністерство освіти і науки України  
Одеський національний технологічний університет  
Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій  
та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського ОНТУ**

**XIII ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА  
КОНФЕРЕНЦІЯ**

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ  
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И  
ТЕХНОЛОГИИ  
MODERN PROBLEMS OF REFRIGERATION EQUIPMENT AND  
TECHNOLOGY**

*23-25 вересня 2021 року*

**ЗБІРНИК ДОКЛАДІВ**

Одеса - 2021