

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 621.57

IMPROVING ENERGY EFFICIENCY OF MARINE DIESEL ENGINES BY UTILIZING THE RECIRCULATION GAS HEAT IN ABSORPTION CHILLER

Roman Radchenko, Assistant Professor of Admiral Makarov National University of Shipbuilding,
Mykolaiv,
Maxim Pyrysunko, Teacher of Kherson Branch of Admiral Makarov National University of Shipbuilding,
Kherson, Ukraine, maximka1786@gmail.com
Denys Vdovychenko, Student

The ships are the sources of air pollutions that account for about 60 to 80% of all pollutants. Among these substances, the most harmful to nature are emissions from the exhaust gases of internal combustion engines [1]. The main shipboard source of environmental pollution is the main and auxiliary combustion engines of the power plants. Diesel engines dominating as the main marine engines and diesel generators are preferable in terms of fuel efficiency, service life, and the ability to operate on heavy fuel oil (HFO).

The reducing of the amount of harmful substances in the exhaust gases is an effective method for the greening of ship engines. Exhaust gas recirculation (method known as EGR - Exhaust Gas Recirculation) is carried out by bypassing exhaust gases from the manifold to the receiver. The EGR technology is one of the advanced methods for reducing NOX and SOX. But this method has a negative effect. The usage of EGR increases specific fuel consumption (SFC) of the engines [2].

As a result, it is justified to use the technologies of utilization of recirculation exhaust gas heat for cooling engine intake air to improve the environmental and fuel efficiency of the marine diesel engine using EGR systems. These technologies allow to increase diesel fuel economy by cooling the combustion air with waste heat using chillers (WHUCh).

The effectiveness of the application of proposed technical solution was analyzed on the basis of EGR system typical for MAN low-speed two-stroke diesel engines in accordance with the Tier III environmental conditions. Recirculation is provided by bypassing part of the exhaust gases purified from harmful gases in the scrubber after cooling in the heat exchanger-gas cooler.

Provided schematic solution with the use of the heat-using circuit of the ACh for the two-stroke engine 6G50ME-C9.6, responsible for Tier III environmental conditions. To analyze the system parameters and characteristics of the diesel engine, the CEAS [3] software package was used. The next initial data were used for the calculation: power – $N_e = 9288$ kW; engine load – $N_{MCR} = 90\%$; SFC – $g_e = 166.0$ g/(kWh); speed – $n_e = 96.5$ rpm; EGR system.

The calculation of the engine characteristics was carried out on the operating mode during the voyage of the ship from Odessa to Shanghai. In the Fig. 1 there are changes of the climatic conditions during the voyage (temperature of sea water t_w , ambient air temperature t_a , relative humidity φ_a and absolute humidity d_a).

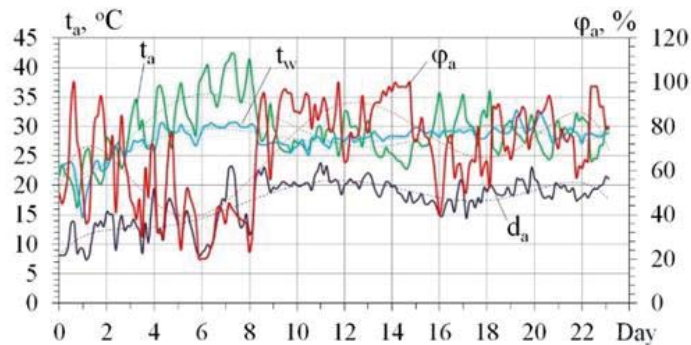


Fig. 1. The variation of climatic conditions (temperature of sea water t_w , ambient air temperature t_a , relative humidity ϕ_a and absolute humidity d_a) during the vessel trade voyage Odessa-Shanghai.

The solution with using the ACh was developed and analysed (Fig. 2). During the usage of the EGR system, some of the exhaust gases (10 - 40%) go into the scrubber recycling system (SRS). In it, they are purified by spraying water through nozzles. Then the exhaust gases are cooled in the heat exchanger - gas cooler (heater of water for refrigerant generator of ACh), condensed vapor from exhaust gases is drained through condensate trap and cooled gases are fed by the fan to the scavenge air receiver, where gases are mixed with the scavenge air coming from the turbocharger [4].

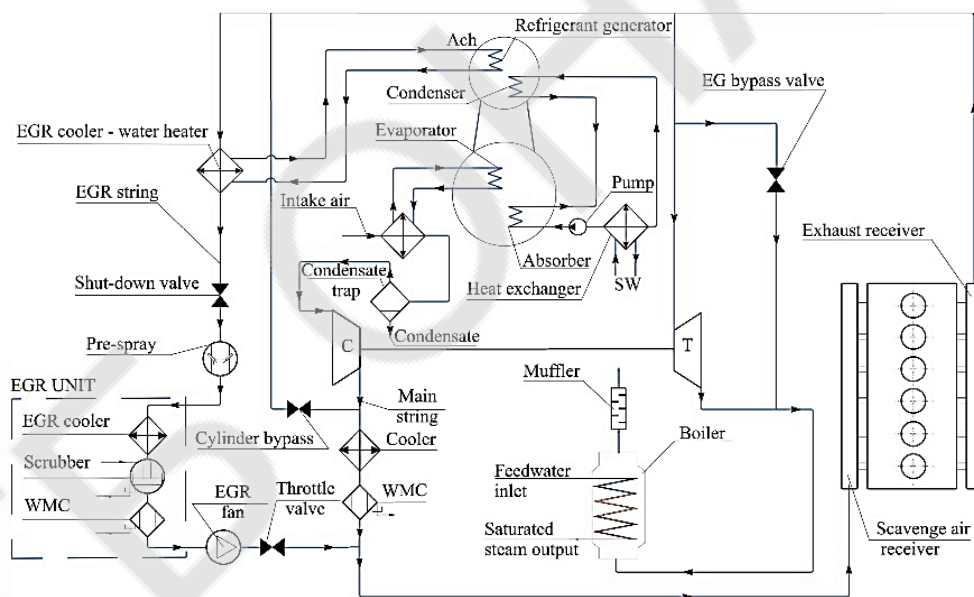


Fig. 2. Scheme of EGR-technology for the two-stroke diesel engine 6G50ME-C9.6 with ACh.

The calculation of the operating parameters of the heat-recovery contour based on the absorption chillers was carried out according to heat balances.

$$Q_0 = (c_a \xi \cdot \Delta t_a) G_a, \quad (1)$$

The refrigeration capacity is calculated as:
where $\Delta t_a = t_{amb} - t_{a2}$ – decrease in air temperature; t_a – air temperature at the inlet of engine turbocharger, °C; t_{a2} – temperature of cooled air at the air cooler outlet, °C; c_{ma} – specific heat of moist air, kJ/(kg·K); G_a – air mass flow rate, kg/s; ξ – specific heat ratio of the overall heat (latent and sensible heat) to the sensible heat removed from air during cooling.

The heat coefficient ξ is the ratio of the cooling capacity Q_0 (the amount of heat removed from the cycle air) to the amount of heat expended Q_g supplied to the ACh from the exhaust gases or charge air:

$$\xi = Q_0 / Q_g \quad (2)$$

The values of the cooling capacity $Q_{0.15}$ required to cool the air at the engine inlet were calculated based on the decrease in its temperature from the current temperature in the engine room ta_1 ($ta_1 = t_{ch} + 10 \text{ }^\circ\text{C}$) to $ta_2 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ by the value Δt_{15} , available cooling capacity $Q_{0rg(0.7)}$ - taking into account the transformation of the available heat of exhaust gases $Q_{h.rg}$ into cold to the ACh:

$$Q_0 = Q_{h.rg} \cdot \xi \quad (3)$$

SFC with EGR system on the route is 168-170 g/(kWh). In this case, the RC is $K_r = 13\text{-}15\%$. A total mass of the exhaust gases flow rate $G_g = 18\text{-}20 \text{ kg/s}$ and the flow of recirculating flue gases is $G_{g.r} = 2.8\text{-}2.9 \text{ kg/s}$. The mass flow rate of “fresh” air to the engine turbocharger is $G_a = 16\text{-}17 \text{ kg/s}$ without EGR system and with EGR system $G_{a.egr} = 13\text{-}14 \text{ kg/s}$. For the engine 6G50ME-C9.6 according to the calculations using the CEAS software package when cooling intake air for every $10 \text{ }^\circ\text{C}$ a reduction in specific fuel consumption is $0.109 \text{ g/(kWh}\cdot\text{K)}$ for every $1 \text{ }^\circ\text{C}$ air temperature drop.

The results of analysing the operation efficiency of recirculation gas heat-recovery ACh with coefficient of performance $\zeta = 0.6, 0.7$ show the following cooling capacity received: $Q_{0.rg(0.6)} = 595\text{-}640 \text{ kW}$ ($\zeta = 0.6$), $Q_{0.rg(0.7)} = 690\text{-}750 \text{ kW}$ ($\zeta = 0.7$).

The th_1 temperature has been selected taking into account the risk of low-temperature corrosion. This method reduces the temperature of the air that enters the engine turbocharger: $\Delta ta(0.6) = 7.4\text{-}17.2 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\zeta = 0.6$) and $\Delta ta(0.7) = 9.3\text{-}21.5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\zeta = 0.7$). In turn, this leads to decrease in the specific fuel consumption SFC.

Decrease in the temperature of intake air due to its cooling by the chillers leads to decrease in SFC and to the total fuel economy $\sum B_f$.

This happens during the vessel route due to decrease in the temperature of intake air at the turbocharger cooled by ACh using the heat of RG at different coefficients of performance is the following (Fig. 3): $\sum B_f(0.6) = 14.7 \text{ t}$ (for $\zeta = 0.6$), $\sum B_f(0.7) = 17.2 \text{ t}$ (for $\zeta = 0.7$) and $\sum B_f(0.7) = 16.5 \text{ t}$ (for $\zeta = 0.70$).

This technology allows to reduce harmful emissions more than 0.2-0.3% for SO_x and NO_x , but for the system with EGR and $\zeta = 0.7$ is: $\Delta g_{\text{NO}_x(0.7)} = 26.3\text{-}39.1\%$ ($4.7\text{-}6.7 \text{ g/(kWh)}$); $\Delta g_{\text{SO}_x(0.7)} = 9.6\text{-}14.3\%$ ($1.1\text{-}1.5 \text{ g/(kWh)}$). Meanwhile, it should be emphasized that this enhances CO_2 emissions by $\Delta g_{\text{CO}_2(0.7)} = 1.5\text{-}1.7\%$ ($6.3\text{-}9.4 \text{ g/(kWh)}$).

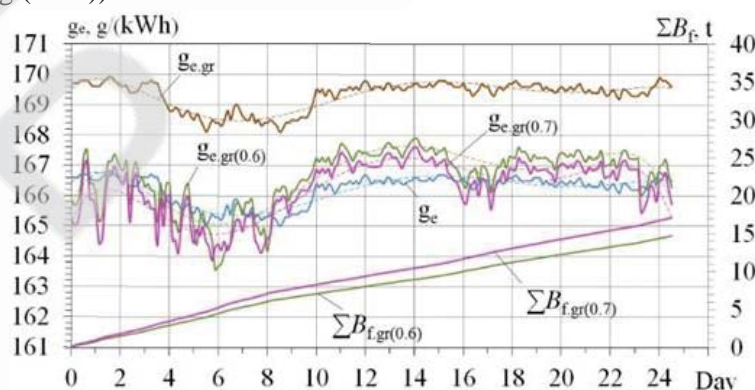


Fig. 2. Variation of SFC of engine with EGR system without using its heat for engine intake air cooling $g_{e.gr}$, with using its heat for engine intake air cooling $g_{e.gr}$ at different coefficients of performance $\zeta = 0.6$ and 0.7 in ACh and SFC g_e – due to engine intake air cooling to $t_{c2} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ and $\sum B_{f.gr(0.6)}$, $\sum B_{f.gr(0.7)}$ summarized along the vessel route.

For the price [5] of heavy fuel oil IFO380 370 \$/t the savings in consumed fuel cost during the ship route Odessa-Shanghai are 5439 \$ ($\zeta = 0.60$) and 6364 \$ ($\zeta = 0.70$). A vessel on this route makes up to 12 voyages per year. Then the annual savings in fuel cost will be 65268 \$ ($\zeta = 0.6$) and 76368 \$ ($\zeta = 0.70$).

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

6. Pham, V.V.: Advanced technology solutions for treatment and control noxious emission of large marine diesel engines: A brief review. *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments* 42(5), 21–27 (2019)
7. De Serio, D., de Oliveira, A., Sodr , J. R.: Application of an EGR system in a direct injection diesel engine to reduce NOx emissions. *Journal of Physics: Conference Series* 745(3) (2016)
8. MAN Diesel Turbo.: CEAS Engine Calculations, <https://marine.man-es.com/two-stroke/ceas>, last accessed 2019/06/22
9. Radchenko, R., Kornienko, V., Pyrysunko, M., Bogdanov, M., Andreev, A. (2020). Enhancing the Efficiency of Marine Diesel Engine by Deep Waste Heat Recovery on the Base of Its Simulation Along the Route Line. In: Nechyporuk M., Pavlikov V., Kritskiy D. (eds) *Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering (ICTM 2019)*. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 1113, pp. 337–350. Springer, Cham
10. Ship & Bunker.: <https://shipandbunker.com/prices#VLSFO>., last accessed 2020/04/10

УДК 621.577

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВОГО НАСОСУ ДЛЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ

*Калініченко І.В., к.т.н., доцент кафедри теплотехніки; Терещенко М.С., здобувач вищої освіти
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,
Херсонська філія, м. Херсон
kiv26@ukr.net*

Актуальність проблеми

На сьогоднішній день теплогенеруючим джерелом для житлових будівель є міська ТЕЦ, яка знаходиться на відстані від 1 до 10 км, що обумовлює значні втрати теплоти при доставці теплоносія. З огляду на часті перебої в роботі ТЕЦ, а також незадовільний стан тепломереж, виникло питання про перехід від централізованого до автономного теплопостачання.

Розглядалося кілька альтернативних варіантів автономного теплопостачання для квартир: газові та електричні котли, теплові насоси і т.д, та для приватного сектору: твердопаливні та газові котли, теплові насоси.

Газові котли. Позитивним моментом у використанні газового котла для житлового будинку є його економічність і можливість регулювання температури теплоносія, що подається в порівнянні з ТЕЦ.

Недоліки даного опалення наступні:

- установка газового котла передбачає дотримання безлічі умов, що стосуються як технічного стану, так і оформлення відповідної документації. Необхідно узгодити свої дії з газопостачальною службою, для чого слід надати проект, договір з монтажною організацією, копію ліцензії цієї організації на здійснення діяльності подібного роду;
- необхідно подбати про наявність димоходу для виведення відпрацьованих речовин. Установку потрібно проводити в добре провітрюваному приміщенні, що має окремий вихід на вулицю. Це особливо важливо для котлів з пальником атмосферного типу;

- Калініченко І.В., к.т.н., доцент кафедри теплотехніки; Асаволюк Д.В. магістр Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Херсонська філія, м. Херсон*
- 20 ОПТИМАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛООБМІННИКА ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОТИ ПРИРОДНОЇ ВОДИ І ҐРУНТУ В ТЕПЛОНАСОСНИХ СИСТЕМАХ ОПАЛЕННЯ** **77**
- Безродний М.К., проф., д.т.н. КПІ ім. Ігоря Сікорського, Притула Н.О., доц., к.т.н. КПІ ім. Ігоря Сікорського, Фетов І.В. магістрант КПІ ім. Ігоря Сікорського*
- 21 ДЕЦЕНТРАЛІЗАЦІЯ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ.** **81**
- Терзійський С.С., маг., каф.ХУКП, Яковлева О.Ю., доц. каф.ХУКП
Трандафілов В.В., ст.викл., каф.ХУКП*
- 22 IMPROVING ENERGY EFFICIENCY OF MARINE DIESEL ENGINES BY UTILIZING THE RECIRCULATION GAS HEAT IN ABSORPTION CHILLER** **83**
- Roman Radchenko, Assistant Professor of Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Maxim Pyrysunko, Teacher of Kherson Branch of Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Kherson, Ukraine, Denys Vdovychenko, Student*
- 23 ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛООВОГО НАСОСУ ДЛЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ** **86**
- Калініченко І.В., к.т.н., доцент кафедри теплотехніки; Терещенко М.С., здобувач вищої освіти Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Херсонська філія, м. Херсон*
- 24 ФІЛЬТРАЦІЯ ТА РОЗПОДІЛ ПОВІТРЯ В УМОВАХ COVID -19** **89**
- Жихарева Н.В., доц. кт.н. ОНТУ, Соловейова П.В., інженер, Афанесенко С.В, здобувач вищої освіти ОНТУ, Скачко І.М. здобувач вищої освіти ОНТУ*
- 25 ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СИСТЕМИ ТЕПЛОВИЙ АКУМУЛЯТОР ДЛЯ ПЕРЕДПУСКОВОГО ПРОГРІВАННЯ ДВИГУНА АВТОМОБІЛЯ – СИСТЕМА ОХОЛОДЖЕННЯ ДВИГУНА** **93**
- Клюєва О. О., аспірант кафедри транспортних систем і технічного сервісу, Херсонського національного технічного університету, м. Херсон, Україна,*
- 26 ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ ВІД ЗАСТОСУВАННЯ ЕЖЕКТОРНОГО ТЕПЛООБМІННИКА ДЛЯ КОНДЕНСАЦІЇ ПАРИ ВУГЛЕВОДНІВ НА НАФТОБАЗІ** **96**
- Когут В. О., к.т.н., доц., Бутовський Є. Д.,інженер Бушманов В. М. аспірант Кіценко А.О аспірант Одеська національна академія харчових технологій*
- 27 ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЗМІНИ МАСШТАБУ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ** **98**
- Луняка К.В., доктор технічних наук, професор кафедри теплотехніки Херсонської філії Національного університету кораблебудування ім. адмірала Макарова, м. Херсон, Україна
Клюєв О.І., кандидат технічних наук, доцент кафедри транспортних технологій і технічного сервісу Херсонського національного технічного університету, м. Херсон, Україна*
- 28 ДОСЛІД АВТОМАТИЧНОГО РОЗМОРОЖУВАННЯ ВИПАРНИКА ВІТРИНИ** **101**
- Константинов І.О., аспірант, Хмельнюк М.Г., д.т.н., професор ОНАХТ*
- 29 ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ ПОВІТРЯ В ПРИСТІННИХ ХОЛОДИЛЬНИХ ВІТРИНАХ ВІДКРИТОГО ТИПУ З ВБУДОВАНИМ КОМПРЕСОРНО-КОНДЕНСАТОРНИМ ВІДСІКОМ.** **105**
- Константинов І.О., аспірант, Хмельнюк М.Г., д.т.н., професор ОНАХТ*
- 30 ГІДРОДИНАМІКА ПІД ЧАС КОНДЕНСАЦІЇ У ТРУБКАХ ІЗ ВНУТРІШНІМ СПІРАЛЬНИМ ОРЕБРЕННЯМ** **108**

*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