



**МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
МОЛОДИХ ВЧЕНИХ, АСПІРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ**

**«СТАН, ДОСЯГНЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ І  
ТЕХНОЛОГІЇ»**

**22 квітня 2014 року**

**Збірник тез доповідей**



Друкується як додаток до журналу “Холодильна техніка і технологія”

ISSN 0453-8307

УДК 621.56/59

**Тематичні напрями:** холодильні машини і установки; теплові помпи; теплообмінні апарати і процеси тепломасообміну; робочі речовини; системи кондиціювання повітря, компресори; енергетичні та екологічні проблеми холодильної техніки; холодильна технологія; кріогенна техніка.

**Науковий комітет:**

проф. Єгоров Б.В.  
проф. Капрел'янц Л.В.  
проф. Хмельнюк М.Г.  
проф. Лагутін А.Ю.  
проф. Наєр В.А.  
проф. Тітлов О.С.  
проф. Мілованов В.І.

проф. Радченко М.І.  
проф. Горін О.М.  
проф. Прядко М.О.  
проф. Ванєєв С.М.  
доц. Морозюк Л.І.  
доц. Буданов В.О.

**Організаційний комітет:**

проф. Симоненко Ю.М.  
проф. Мілованов В.І.  
доц. Буданов В.О.  
доц. Морозюк Л.І.

доц. Гоголь М.І.  
асп. Міненко В.В.  
ст. Гришин О.О.  
ст. Олалейє Д.В.

**Робочі мови конференції** – українська, російська, англійська.

**Місце проведення** – ауд. 202, вул. Дворянська, 1/3, Одеса, 65082

***Всі тези доповідей надруковані згідно наданих макетів***

ISSN 0453-8307

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

# DESIGN-THEORETICAL STUDY OF THE MARINE HYBRID TRIGENERATION MACHINE BASED ON ORGANIC RANKINE CYCLE AND EJECTOR REFRIGERATION CYCLE

*Oleksandr Dimitrov, postgraduate student, The V. S. Martynovsky Institute of Refrigeration, Cryogenic Technologies and Ecological Power Energy, Odessa, UKRAINE*

At the present day, the marine transport does not remain without the attention of the World's Energy saving program. New design solutions are searched to increase the efficiency of the propulsion system via using the trigeneration technology to recover the secondary energy resources of ship propulsion.

As the ship has relatively small holds, the maximal installation area for the recovery unit is strictly limited. Therefore, the requirement for mass and overall dimensions takes the first priority place.

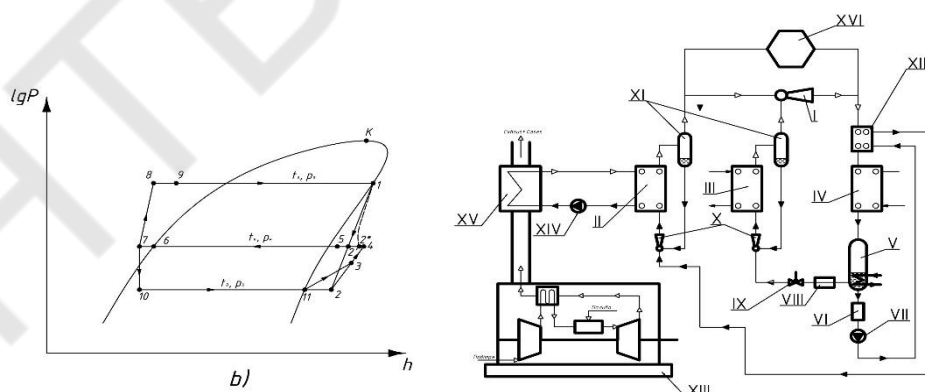
This requirement is primarily concerned with the part of recovery unit, which produces cooling power, i. e. heat driven refrigeration machine (HDRM). Today the most efficient of HDRMs is absorption heat driven machine (coefficient of performance is approximately 0.75), but its size is large and this isn't a good thing in small area conditions. Furthermore, its operational complexity and price are very high.

These problems can be solved in case of using simple and reliable ejector chillers and air conditioners as a heat driven refrigeration machine for different types of ship trigeneration systems.

In ONAFT the new way to further reduction of the trigeneration system's overall dimensions is researched. It represents a system operated by the combined ejector refrigeration cycle (ERM) and organic Rankine cycle (ORC). The new recovery unit is called hybrid ORC-ERM machine. As both the steam power plant and the ERM have the same apparatuses (generator, condenser and feed pump), a hybrid trigeneration machine can be designed.

This work is to carry out the design-theoretical investigation of the marine hybrid ORC-ERM machine operated by low-boiling and ozone-friendly working fluid. The aim is to predict all possible methods of improving the energy efficiency of hybrid trigeneration system.

The diagram and thermodynamic cycle of hybrid ORC-ERM machine is shown on Figure 1. There is an ORC turbine installed except the ejector, generator, evaporator, condenser, feed pump etc, thus the Organic Rankine cycle can be carried out into practice.



*Figure 1 – Thermodynamic cycle and the diagram of hybrid ORC-ERM trigeneration machine:*

*I – ejector; II – generator; III – evaporator; IV – condenser; V – receiver-subcooler; VI – cleaning filter; VII – feed pump; VIII – filter-dryer; IX – TEV; X – injectors; XI – liquid separators; XII – recuperator; XIII – ship power plant; XIV – heater pump; XV – recovery unit; XVI – ORC turbine*

Because of intersections absence between two different target functions, the main efficiency indicators are split into two parts. The first part considers only ERM characteristics. First of all, the main indicator of ejector's efficiency is entrainment ratio  $U$ :

$$U = \frac{G_o}{G_w} \quad (1)$$

The energy efficiency of ERM cycle is determined by the thermal ratio  $\zeta$ , which is usually calculated without considering the feed pump's work:

$$\zeta = \frac{Q_o}{Q_g} = U \cdot \frac{q_o}{q_g} \quad (2)$$

Energy and operation ERM indicators also depend of the feed pump's work efficiency. Specific electricity spends on the feed pump's operation, related to 1 kWatt of the cooling capacity, can be found within the equation:

$$N_{sp.pump} = \frac{(p_g - p_c) \cdot v_7}{U \cdot q_o} \quad (3)$$

Analysis of the equation (3) has shown that  $N_{sp.pump}$  is mainly influenced by the  $(p_g - p_c)$ ,  $U$ ,  $q_o$  and is decreased when increasing  $U$ ,  $q_o$  and decreasing  $(p_g - p_c)$ .

To increase the entrainment ratio for 20÷25% it is also recommended to use the conical-cylindrical mixing chamber in the ejector instead the cylindrical one.

The ORC efficiency indicators are represented by the absolute internal coefficient of cycle performance ( $\eta_i$ ), absolute effective coefficient of performance ( $\eta_e$ ), absolute electrical coefficient of performance ( $\eta_{el}$ ) and electric generator power ( $N_{el,g}$ ), where:

$$\eta_i = \eta_{oi} \cdot \eta_t \quad (4)$$

$$\eta_e = \eta_{mech} \cdot \eta_i \quad (5)$$

$$\eta_{el} = \eta_{el,g} \cdot \eta_e \quad (6)$$

$$N_{el,g} = (h_1 - h_9) \cdot \eta_{el} \cdot D \quad (7)$$

It would be necessary to identify the dependence of ORC coefficient of thermal energy ( $\eta_t$ ) from the vapor's parameters.

Having the same primary vapor's parameters ( $p_g$  and  $T_g$ ) the decreasing of condensing pressure  $p_c$  will lead to increasing of  $\eta_t$ : as the pressure is surely related with temperature in the two-phase area, decreasing the  $p_c$  means the decreasing of heat removal temperature  $T_c$ ; thus the cycle temperature range is extended and the  $\eta_t$  is increased.

However, the  $\eta_t$  is increased too due to increasing the generation pressure  $p_g$  and  $T_g$ . But the generation temperature  $T_g$  in the ORC has a strict limit of working fluid critical temperature. This limit must not be exceeded because of working fluid's chemical destruction.

Further work is directed to find the new methods of increasing the energy efficiency of ORC-ERM hybrid machine.

At present, we continue further studies with the goal to find the efficient working fluid in view of energetic efficiency, economical profits and ecological safety, preferably, natural substances - for the use in marine hybrid trigeneration systems for air conditioning and refrigeration at moderately low temperatures (up to  $-5^\circ C$ ). In the large group of natural ozone-safe organic substances only a few could be alternative for HCFC. Such substances are the following: propane (R-290), pentafluoropropane (R-245fa), normal butane (R-600), and isobutane (R-600a). However, R-290 is not efficient for ORC-ERM application because of the low value of its critical temperature. As stipulated in the decision of the International Refrigeration Institute, flammability of such hydrocarbons as R-600 and R-600a does not exclude an opportunity of their use in marine refrigerating engineering under condition of necessary safety measures. The required safety level of ORC-ERM operating with hydrocarbons can be reliably achieved due to the high tightness of machines of such type, functional reliability and the opportunity to be installed outside. Our

calculations show that R-245fa should be the most efficient refrigerant for ORC-ERM applications. However, further experimental studies are required to achieve high energetic efficiency.

*Scientific supervisor: Khmelniuk M, DSc, professor, department of refrigeration machines, installations and air conditioning, ONAFT*



УДК 631.576.2.2.037:621.565

## **ЗБЕРІГАННЯ ПЛОДІВ У ХОЛОДИЛЬНІЙ КАМЕРІ З МГС**

*Бондарев О.Є., студент ІХКЕ ОНАХТ, м. Одеса*

Ефективність зберігання рослинних продуктів значно залежить від рівня застосованих технологій та технічних засобів . Для довгострокового зберігання найбільш ефективна технологія зберігання у зміненому газовому середовищі – модифікованому (МГС) чи регульованому (РГС) . При зберіганні продуктів в МГС реалізується принцип локального кондиціонування повітря : в масі продукту формується свій мікроклімат під впливом біофізичних властивостей продукту , а відносна вологість в масі продукту не залежить від вологості повітря камери . Проте така технологія має суттєві недоліки : неупорядковані потоки повітря і випадання на поверхні продукту “інфекційних” крапель , сприяючих швидкому розвитку мікробіологічних процесів в умовах підвищеного вмісту  $\text{CO}_2$  .

Проведеними раніше дослідженнями було встановлено , що вказані недоліки можуть бути усунуті шляхом застосування технічних рішень стосовно конструктивних особливостей покриття , що забезпечує зберігання в МГС . Приведені результати зберігання плодів яблуні у камері з МГС, що була впроваджена на діючому холодильнику. Камера ємністю 400 тонн виготовлена із легких металевих конструкцій мала стаціонарне газоселективне покриття площею 620  $\text{m}^2$ , яке підтримувало модифіковане газове середовище в масі продукту . Непряме охолодження продукту в камері з МГС здійснювалось через поверхню покриття повітрям , що надходить із повітроохолоджувачів (передбачена також можливість використання природного холоду) . Конструкція покриття забезпечувала направлений відвід конденсату в гідрозатвор , який не мав контакту з повітрям камери . Тривалість зберігання складала 109 діб , результати приведені на рисунку . Теплота дихання ( $q_d$ ) охолоджених плодів на початку процесу зберігання складала 12,6 Вт/т . При розвантажуванні виявилось , що : в дослідженій камері  $q_d = 6,3$  Вт/т , у контрольній  $q_d = 15,0$  Вт/т.

Досвід експлуатації камери з МГС на протязі декількох років показав , що втрати яблук у порівнянні із звичайними камерами були нижче у 2,5 – 3 рази, а витрати електроенергії – у 2,5 рази .

*Автори наукових робіт:*

**Д**

Dimitrov O., **37**

**А**

Арабаджи Д.Д., **5**  
Афоніна Н.Б., **92**

**Б**

Байдак В.Ю., **60**  
Балашов Д.А., **64**  
Башкиров Г.В., **131**  
Богаченко С.С., **135**  
Бондаренко А.В., **131**  
Бондарев О.Є., **39**  
Бондарь Д.В., **31**  
Бондарук А.В., **52**  
Бондарук В.А., **117**  
Братейко С.В., **131**  
Бузовский В.П., **31**  
Бутовский Е.Д., **100**

**В**

Власенко К.С., **50**

**Г**

Гаврильчик С.В., **115**  
Георгієш К.В., **98**  
Гнідий О.Л., **93**  
Горобец Е.А., **10**  
Грамма Л.С., **48**  
Грицик С.М., **13**  
Грищенко Р.В., **40, 112**  
Грудка Б.Г., **53**

**Д**

Денисюк В.В., **116**  
Джуган В.Ю., **19**

**Е**

Егоров Д.А., **6**

**Ж**

Желиба Т.А., **25**  
Жихарева Н.О., **92**

**З**

Захарчук О.О., **101**

**И**

Ионов М.И., **131**

**К**

Канифольская А.А., **136**  
Капауз К.О., **92**  
Козак О.Л., **73**  
Козаченко И.С., **25**  
Колесник А.О., **103**  
Колесник Е.И., **96**  
Колодзінський Р.І., **42**  
Копытин А.В., **124**  
Корж Е.Г., **118**  
Король Д.Л., **14**  
Костецкий Д.В., **66**  
Кузьменко М., **43**  
Кулик А., **45**  
Кулишов Б.А., **75**

**Л**

Лапинский А.А., **24**  
Лисица А.Ю., **29, 108**  
Лука О.В., **107**  
Лютый В.В., **17**

## М

Мациборук В.А., **60**  
Мазуренко С.Ю., **86**  
Марченко В.Г., **94**  
Матвеев Э.В., **126**  
Миненков В.В., **100**  
Младёнов И.Ю., **27**  
Мороз С.А., **115**  
Мотовий І.В., **48**  
Мухортов В.В., **73**

## Н

Наголович М.С., **91**  
Найчук В.В., **85**  
Нянцу А., **36**

## О

Оболоник В.Ф., **85**  
Обухов А.А., **69**  
Осадчий С.К., **7**  
Охотский П., **139**  
Очеретяний А., **61**

## П

Пасечник А.Ю., **3**  
Паранина О.Ю., **78**  
Пароконий М.О., **71**  
Пилипенко Б.А., **133**  
Плесной А.В., **122**  
Повіт О., **129**  
Поворознюк В.В., **91**  
Прокопчук С.Д., **62**

## Р

Речицкий В.В., **3**

## С

Скорик А.В., **56**  
Сладковский Е.Н., **76**  
Смола В.О., **55**  
Сниховский Е.Л., **29, 108**  
Стоянов П.Ф., **21**  
Стефановский А.Н., **120**  
Стреколовский С.О., **96**  
Сухачов В.С., **63**

## Т

Темершин Д.Д., **33**  
Тертышный И.Н., **89**  
Тимошевская Л.В., **124**  
Тишко Д.П., **137**  
Толкачев А.Д., **117**  
Трандафилов В.В., **50**

## У

Усик Ю.Ю., **83**

## Ф

Фисенко А.В., **136**

## Х

Хакимов Р.С., **11**  
Халак В.Ф., **16**

## Ц

Цапушел А.Н., **111**

## Ч

Чередніченко В.А., **20**  
Чигрин А.А., **127**

## Ш

Шагиева А.К., **81**  
Штерндок А.С., **129**

## Щ

Щербаков О.Н., **57**  
Щур В., **21**

## Ю

Юлдашев А.Р., **133**  
Юсуфі Халід, **72**  
Юшковська А.М., **105**

## Я

Яценко Р.О., **94**  
Ябс А.А., **68**

**МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
МОЛОДИХ ВЧЕНИХ, АСПІРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ**

**«СТАН, ДОСЯГНЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ І  
ТЕХНОЛОГІЇ»**

**22 квітня 2014 року**

**Збірник тез доповідей**

Підписано до друку **16.04.2014**. Формат 60x84 1/16.  
Умовн. друк. арк. **6.500**. Наклад **15** прим.  
Надруковано видавничим центром ОНАХТ ННІХКЕ.  
65082, Одеса, вул. Дворянська, 1/3