



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
АСОЦІАЦІЯ ІНЖЕНЕРІВ ПО ВЕНТИЛЯЦІЇ, ОПАЛЕННЮ ТА  
КОНДИЦІОНУВАННЮ «АВОК України»  
СПІЛКА ХОЛОДИЛЬЩИКІВ УКРАЇНИ  
МІЖНАРОДНА АКАДЕМІЯ ХОЛОДУ**

**XI Всеукраїнська науково-технічна конференція  
XI Всеукраинская научно-техническая конференция  
XI International scientific conference**

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

**21-22 вересня 2017 року**

**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**



**ОДЕСА 2017**

УДК 621.565 (075.6)

**Сучасні проблеми холодильної техніки та технології** / Збірник тез доповідей XI Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса: ОНАХТ, 2017. – 243 с.

У збірнику наведені матеріали XI 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, дослідженням робочих тіл та процесів в елементах холодильних та криогенних систем, застосуванням нано та когенераційних технологій, використанням холоду в харчових технологіях, застосуванням і впровадженням нетрадиційних джерел енергії.

В сборнике представлены материалы XI Всеукраинской научно-технической конференции «Современные проблемы холодильной техники и технологии» и рассмотрены различные аспекты научно-технических вопросов, связанных с проектированием, изготовлением и эксплуатацией холодильного оборудования различного назначения, исследованием рабочих тел и процессов в элементах холодильных и криогенных систем, применением нано и когенерационных технологий, использованием холода в пищевых технологиях, применением и внедрением нетрадиционных источников энергии.

Рекомендовано до видання Вченою Радою Одеської національної академії харчових технологій протоколом №6 від 07.11.2017 р.

Відповідальність за достовірність інформації несе автор публікації.  
Матеріали публікуються мовою оригінала, наданого автором.

**Голова конференції – Єгоров Богдан Вікторович** – ректор Одеської національної академії харчових технологій, член-кореспондент НААН України, Заслужений діяч науки і техніки, д-р техн. наук, професор.

**Заступник голови – Косой Борис Володимирович** – директор Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського, д-р техн. наук, професор.

Члени наукового комітету:

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

Лагутін А.Є – академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор.

Морозюк Л.І. – д-р техн. наук, професор.

Желєзний В.П. – зав. кафедрою теплофізики та прикладної екології ОНАХТ, д-р техн. наук, професор.

Симоненко Ю.М. – зав. кафедрою криогенної техніки ОНАХТ, 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.

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

Бондаренко В.Л. – д-р техн. наук, професор.

Лавренченко Г.К. – д-р техн. наук, професор.

Семенюк В.О. – к.т.н., директор НВФ «Терміон».

### **ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ**

Голова – проф. Хмельнюк М.Г.

Науковий секретар – к.т.н. Зімін О.В.

Члени – к.т.н. Буданов В.О., к.т.н. Яковлева О.Ю., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Стоянов П.Ф., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н. Ерін В.А., к.т.н. Гайдук С.В., к.т.н. Соколовская В.В., к.т.н. Подмазко І.О., к.т.н. Федоров О.Г.

## ТЕМИ ДОКЛАДОВ ПЛЕНАРНОГО ЗАСІДАННЯ

### **1. 30 РОКІВ МОНРЕАЛЬСЬКОГО ПРОТОКОЛУ. СТРАТЕГІЇ В СФЕРІ ОБІГУ ОЗОНОРУЙНУЮЧИХ ХОЛОДОАГЕНТІВ**

Возний В.Ф., к.т.н., президент ВГО «Спілка холодильщиків України»

### **2. РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ І СПОЖИВАННІ РІДКІСНИХ ГАЗІВ**

Бондаренко В.Л., доктор техн. наук, професор, МДТУ ім. М. Е. Баумана, м. Москва;

Биканов О.М., «KLA–Tencor Corporation», Milpitas, California, USA;

Симоненко Ю.М., доктор техн. наук, професор, ОНАПТ, м. Одеса

Чигрин А.А., інженер-технолог, ООО «Кріоін Інжиніринг», м. Одеса;

e-mail: [ysim1@yandex.ua](mailto:ysim1@yandex.ua)

### **3. ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ, ТЕПЛА И ХОЛОДА: РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НА КАФЕДРЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И РЕФРИЖЕРАЦИИ НУК ИМ. АДМИРАЛА МАКАРОВА**

Радченко Н.И. доктор техн. наук, професор, Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, г. Николаев, [nirad50@gmail.com](mailto:nirad50@gmail.com)

### **4. КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА МАШИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ УСТАНОВКИ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ**

Трушляков Е.И., к.т.н., доц., Радченко А.Н., к.т.н., доц., Грич А.В., к.т.н., ассистент

Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, г. Николаев,

[nirad50@gmail.com](mailto:nirad50@gmail.com)

### **5. СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В СВЕТЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ. СОЛНЕЧНЫЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АБСОРБЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛО-ХЛАДОСНАБЖЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА**

А.В. Дорошенко, доктор техн. наук, професор кафедры термодинамики и возобновляемой энергетики

### **6. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ВЫБОРЕ КОМПРЕССОРА. СРАВНЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО ВИНТОВОГО И ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРОВ**

В. Гринько Региональный представитель J&E Hall и GEА ВОСК/Генеральный директор ООО «Еврокул

<b>СЕКЦІЯ № 2. ХОЛОДИЛЬНІ ТА КРІОГЕННІ МАШИНИ. ТЕПЛОВІ НАСОСИ</b>		<b>стр.</b>
60.	<b>АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЦИКЛІВ ТЕРМОКОМПРЕСІЙНИХ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ</b> Арсеньев В.М., Мелейчук С.С., Проценко М.І.	142
61.	<b>СИСТЕМА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ ГЕНЕРАТОРА МІКРОХВИЛЬОВОЇ ЕНЕРГІЇ</b> Георгієш К.В.	144
62.	<b>ОЦІНКА ОБСЯГІВ ПОТУЖНОСТІ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В УКРАЇНІ</b> Басок Б.І., Дубовський С.В.	146
63.	<b>ДО ПРОБЛЕМ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛООБМІНУ ПРИ КИПІННІ ВОДИ НА ПОРИСТИХ МЕТАЛЕВИХ ПОВЕРХНЯХ</b> Шаповал А.А., Стрельцова Ю.В., Шаповал І.О.	149
64.	<b>ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ</b> Басок Б.І., Кравченко В.П., Веремійчук Ю.А.	152
65.	<b>ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ ТЕПЛОИСПОЛЗУЮЩИХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН В СИСТЕМЕ ТРИГЕНЕРАЦИИ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ</b> Л.И. Морозюк, С.В. Гайдук, Б.Г. Грудка	153
66.	<b>ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА РАБОТУ ВОЗДУШНЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ КОМЕРЧЕСКИХ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК</b> Л. И Морозюк, В. В. Соколовская, А. В. Мошкатюк	155
67.	<b>ЕФЕКТИВНІСТЬ ПАРОКОМПРЕСІЙНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОХОЛОДОПОСТАЧАННЯ БУДИНКІВ НА ОСНОВІ ЕНЕРГІЇ ХОЛОДНОЇ ВОДИ І ВЕНТИЛЯЦІЙНОГО ПОВІТРЯ</b> Петраш В.Д., Полунін Ю.М., Висоцька М.В.	157
68.	<b>EXTENDING MAISOSENKO CYCLE APPLICATIONS THROUGH A NEW MATERIAL</b> Levchenko D.A., Yurko I.V.	160
69.	<b>ДОЦІЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В СУДНОВИХ СИСТЕМАХ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ</b> Ярошенко В.М., Подмазко О.С.	162
70.	<b>RADIATIVE COOLING METHOD IN THE AIR CONDITIONING SYSTEM</b> Tsoy A.P.; Tsoy D.A.	165
71.	<b>ТРАНСКРИТИЧНІ ХОЛОДИЛЬНІ УСТАНОВКИ У СИСТЕМАХ ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ ТОРГОВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ</b> Петренко О.В., Семенюк Д.П.	167
72.	<b>АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ ЗАСТОСУВАННЯ НА СУДАХ АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ АГРЕГАТИВ</b> Редунов Г.М., Гожелов Д.П., Тимофеев І.В.	170
<b>СЕКЦІЯ № 3. КОМПРЕСОРИ ТА ПНЕВМОАГРЕГАТИ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ. РОБОЧІ РЕЧОВИНИ</b>		<b>стр.</b>
73.	<b>ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ НА ВХОДЕ В РОТОР СТРУЙНО-РЕАКТИВНОЙ ТУРБИНЫ НА КОЭФФИЦИЕНТ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОЛНОГО ДАВЛЕНИЯ В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ</b> Ванев С.М., Т.С. Родимченко	172
74.	<b>ОЦЕНКА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ РЕАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ</b> Петренко М.А.	175
75.	<b>ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ МАЛОГО ХОЛОДИЛЬНОГО КОМПРЕСОРА, ПРАЦЮЮЧОГО З ДОМІШКАМИ НАНОЧАСТОК TiO2 ДО МАСТИЛА</b> Балашов Д.О., Мілованов В.І.	177
76.	<b>УЧБОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ХОЛОДИЛЬНОГО АГРЕГАТУ ПРИ РІЗНИХ СПОСОБАХ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ОХОЛОДЖУВАННОГО ОБ'ЄКТУ</b> Водяницька Н.І., Мельников В.Д.	178
77.	<b>АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕКИСЛОТЫ В ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ</b> Водяницкая Н.И., Паскаль А.А.	179
78.	<b>ВПЛИВ ГЕОМЕТРІЇ КАМЕРИ ЗМІШУВАННЯ РІДИННО ПАРОВОГО СТРУМЕНЕВОГО КОМПРЕСОРА НА ВЕЛИЧИНУ ТИСКУ ВСМОКТУВАННЯ ПАСИВНОГО ПОТОКУ</b> Арсеньев В.М., Прокопов М.Г., Чех О.Ю.	180

УДК.621.564

## ДОЦІЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В СУДНОВИХ СИСТЕМАХ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ

Ярошенко В.М., к.т.н., доц., Подмазко О.С., к.т.н., доц., Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, [valeryi@ukr.net](mailto:valeryi@ukr.net)

Сучасні малооборотові і середньо обортові суднові двигуни внутрішнього згорання мають ефективний коефіцієнт корисної дії  $\eta_e = 0,45-0,52$ . Таким чином вторинні теплові потоки, пов'язані з теплою води в системі охолодження головного двигуна, мастила, надувного та стислого повітря, випускними газами є досить суттєвими так як їх потенціал складає 50 і більше відсотків теплового потоку, який генерується при згоранні палива. Тому утилізація вторинних теплових потоків може ефективно використовуватись як джерело підвищення загальної енергетичної ефективності.

Крім того, суднові дизельні енергетичні установки мають високу енергозброєність і значну частину енергії споживають на загальносуднову і власні потреби. Причому розподіл тепла, що витрачається на головний двигун та допоміжне енергетичне обладнання істотно відрізняються для різних типів суден. Тому для оцінки ефективності теплоспоживання в судновій енергетичній системі необхідно враховувати не тільки теплоту, еквівалентну потужності головного двигуна але і теплоту вторинних теплових потоків, які утилізуються.

Аналіз теплового балансу енергетичного обладнання і матеріалів з проектування та будівництва суден різного призначення показує, що рівень утилізації теплоти суднових дизельних установок, часто знаходиться нижче технічно досяжної межі і може розглядатись як напрямок для підвищення енергетичної та екологічної ефективності суднових енергетичних систем.

Для термодинамічної оцінки при виборі системи утилізації теплоти найбільш доцільно використовувати ексергетичну функцію, яка враховує не тільки кількість теплоти, але і її якісні характеристики (максимальну технічну работоспроможність)[2].

В якості прикладу на рис. 1 показана діаграма енергетичних потоків мало обортового суднового двигуна [3], а в таблиці 1, наводяться розрахункові ексергетичні характеристики цих же потоків. При розрахунках ексергії вторинних потоків використовувались середньостатистичні дані для мало обортових дизелів: вихідні гази (температурний рівень  $280^\circ\text{C}$ ), надувнеповітря (температурний рівень  $170^\circ\text{C}$ ), охолоджувальна дизель вода (температурний рівень  $90^\circ\text{C}$ ), охолоджувальна мастильна вода (температурний рівень приблизно  $60^\circ\text{C}$ ).

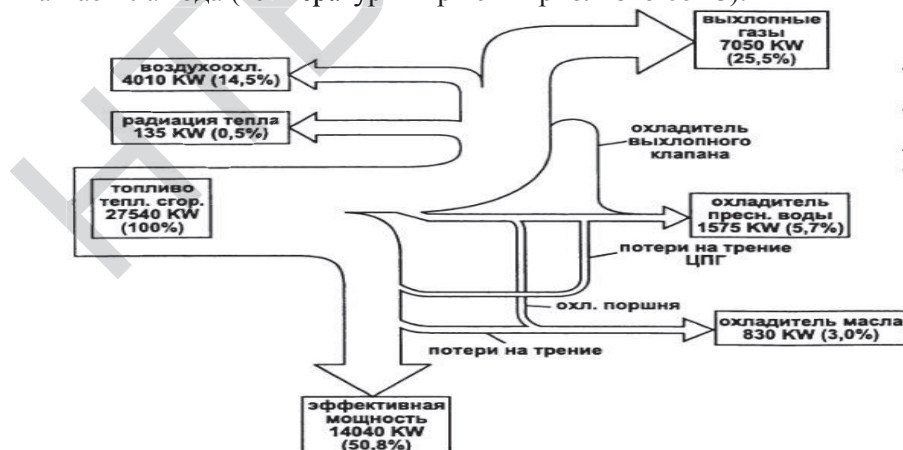


Рис. 1. Розподіл теплових потоків мало обортового суднового дизеля

Таблиця 1. Ексергетичні потоки суднового малооборотного двигуна

	Загальні дані (назва)	Потоки ексергії, квт	Відсоток, %
1	Камера згорання (вхідна ексергія)	21480	100
2	Ефективна потужність	14040	65,4
3	Охолоджувач прісної води	288	1,35
4	Охолоджувач мастила	187	0,87

5	Повітряний охолоджувач	796	3,7
6	Радіаційний потік	67	0,05
7	Вихідні газы	3154	14,7
8	Рекупераційний потік в турбонагнітачі	2534	11,8
9	Гідравлічні втрати ексергії	414	1,9

Таким чином по ексергетичній цінності найбільшими тепловими потоками є вихідні газы, повітряний охолоджувач та охолоджувач прісної води. За допомогою такого аналізу визначаються найбільш пріоритетні теплові потоки для систем утилізації.

Наряду з традиційними судновими утилізаційними системами такими як котельні установки та тепловикористовуючі холодильні машини, можуть застосовуватись тепло насосні установки. Одним із напрямків утилізації теплоты можуть бути теплові насосы, у яких температурний потенціал теплового потоку підвищується до рівня генерації водяної пари при тисках характерних для судових енергетичних систем. Водяна пара з тиском (0,3; 0,5 і 0,9 МПа) використовується для різних цілей (для підігріву палива судових ДВЗ, перевезеного вантажу, а також для функціонування різних загально судових систем [1,3]. Утилізаційні теплонасосні установки можуть також ефективно застосовуватись в схемах судових паротурбінних установок для зниження температури конденсації та підігріву конденсату перед парогенератором.

Вибір схеми та параметрів роботи теплонасосної утилізаційної установки а визначався, з одного боку, необхідністю забезпечення максимального ступеня утилізації теплоты, а з іншого, наявністю на судні специфічних споживачів водяної пари.

При аналізі робочого тіла ТНУ було вибрано холодильний агент, який наряду із загальноприйнятими термодинамічними, теплофізичними та фізико-хімічними вимогами, відповідає екологічним критеріям, які у останні роки часто розглядаються, як пріоритетні. До екологічних вимог відносяться низькі потенціали глобального потепління (парникового ефекту) GWP (GlobalWarmingPotential) і руйнування озону ODP (OzoneDepletionPotential), а також нетоксичність. Крім цього, аналізувався параметр сумарного еквівалентного теплового впливу TEWI (TotalEquivalentWarmingImpact), який враховує прямий внесок від витоків холодоагенту та побічний внесок у глобальне потепління від емісії CO<sub>2</sub> при виробництві енергії. У якості робочого тіла парокompресійного теплового насосу розглядався R-600(бутан) (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>), так як його основні термодинамічні та екологічні характеристикам найбільш доцільно відповідають технологічним умовам.

Результаты порівнянь бутану з іншими холодильними агентами, які використовуються у холодильній техніці, свідчать про перспективність його застосування у якості робочого тіла, що дозволяє йому конкурувати при техніко економічному порівнянні, як з HCFC (гідрохлорфторвуглеводами) холодоагентами, так і з безгалоїдними (природними) холодильними агентами. Енергетична ефективність теплового насосу, яка оцінювалась за допомогою коефіцієнта перетворення енергії, складає 2,2-2,4 у той час як коефіцієнти перетворення енергії подібних установок на різних холодильних агентах складають 1,6-2,8 у тому числі і для двохступневих схем [1].

Принципова схема парогенеруючої судової тепло насосної установки показана на рис. 2. Установка може функціонувати як в автономному режимі так і в комбінації з існуючою схемою охолодження забортною водою. Для порівняльного аналізу був вибраний високотемпературний контур системи охолодження прісною водою сучасного малообертового дизеля марки 6S70MC MAN B &W, номінальною ефективною потужністю 14040 кВт з тепловим навантаженням на випарник - 1575 кВт

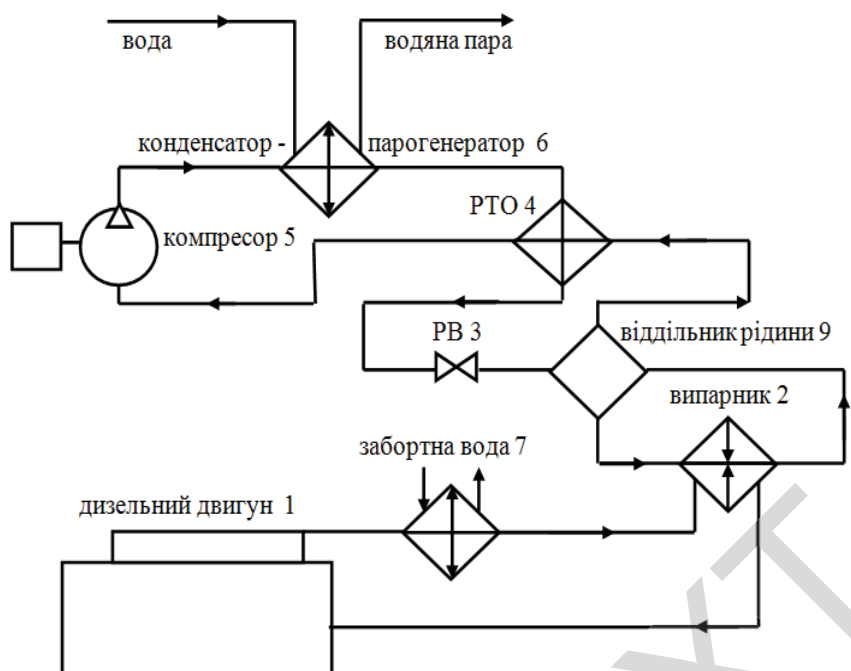


Рис. 2. Принципова схема суднового утилізаційного теплового насосу.

Така схема утилізації спроможна забезпечити тепловий потік на рівні 3780 кВт, що дозволяє продукувати приблизно 5 тонн на годину водяної пари з тиском 0,36 МПа, що відповідає температурі насичення 140 °С. При цьому для приводу компресорів теплового насосу можуть застосовуватись утилізаційні газові та парові турбіни або електричні двигуни.

Застосування утилізаційних теплових насосів для виробництва водяної пари дозволяє, по-перше, утилізувати теплові потоки, що викидаються, зменшуючи тим самим теплове забруднення навколишнього середовища, по-друге, відмовитися частково або повністю від роботи допоміжного котла на ходовому режимі судна, а отже зменшити забруднення навколишнього середовища токсичними компонентами димових газів і, по-третє, заощадити первинні енергетичні ресурси (котельне паливо). Тобто, впровадження на судах ТНУ підвищує ефективність суднової енергетичної системи і знижує шкідливий вплив суднових енергетичних установок на навколишнє середовище.

Літературні джерела.

1. Андреев А.А., Калиниченко И.В. Теплонасосное направление утилизации вторичных тепловых ресурсов судовых энергетических установок. Науковий вісник ХДМГ, 2009, №1(1) -174-183с.
2. Мартыновский В.С. Циклы, схемы и характеристики термотрансформаторов. - М.: Энергия, 1979, - 288с.
3. Маслов В.В. Утилизация теплоты судовых двигателей, М.: Транспорт, 1990, - 144 с.