

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова
АКАДЕМІЯ НАУК СУДНОБУДУВАННЯ УКРАЇНИ

ІННОВАЦІЇ В СУДНОБУДУВАННІ ТА ОКЕАНОТЕХНІЦІ

V Міжнародна науково-технічна конференція

8–10 жовтня 2014 р.

*Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова,
просп. Героїв Сталінграда, 9*

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Миколаїв
НУК, 2014

холоду до -500°C , можливість працювати на високих температурах грійочого джерела ($200\dots 600^{\circ}\text{C}$) з високим значенням коефіцієнту перетворення $\text{COP} = 1\dots 2,5$.

Термодинамічний аналіз компресорної тепловикористальної холодильної машини з CO_2 надав можливості створити автономну систему тригенерації з високими енергетичними показниками, можливістю регулювати співвідношення корисних ефектів відповідно до потреб споживача.

Енергетичний баланс такої системи тригенерації надано на рис. 2.

Література

1. А. с. UA №72660, МПК F25B27/00. Компресорна тепловикористальна холодильна машина [Текст] / Морозюк Л. И., Гайдук С. В. // Одеська державна академія холоду. – №и201201563; заявл. 13.02.2012; опубл. 27.08.2012, Бюл. №16. – 4 с.

УДК 621.564

УТИЛИЗАЦИЯ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ СУДОВЫХ УСТАНОВОК С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ТРИГЕНЕРАЦИИ

Авторы: Димитров А. А., Яковлева О. Ю., Хмельнюк М. Г.,

Учебно-научный институт холода криотехнологий и экоэнергетики им. В. С. Мартыновского, Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

В настоящее время судовой транспорт не остается без внимания Международной программы энергосбережения. Поэтому, одной из главнейших задач является максимально возможное использование внутреннего энергоресурса судна для уменьшения затраченной от внешних первичных источников (топливо) энергии на его энергоснабжение. Утилизация вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) судовых энергоустановок (СЭУ) позволяет достичь снижения внешних энергозатрат путем использования отбросной теплоты выхлопных газов судовых двигателей.

Судовые энергетические установки на базе поршневых дизельных двигателей являются наиболее общими и распространенными силовыми установками. Они выпускаются в широком диапазоне мощностей вплоть до 8-9 МВт и более, и работают на доступном дизельном топливе.

Показано [1], что наиболее экономичными являются комбинированные ГТУ и ДВС, предназначенные для производства электроэнергии, тепла и холода. Такие тригенерационные установки обладают большими преимуществами на судах, где есть постоянная потребность в электроэнергии и тепле - в виде пара или горячей воды, а также в холоде - для обеспечения технологических процессов, охлаждения оборудования и наддувочного воздуха [2], а также для кондиционирования воздуха в судовых трюмах и каютах.

Применение тригенерации значительно снижает расход топлива судовой энергоустановкой и повышает ее эффективность. Она позволяет также повысить энергоустойчивость и энергонезависимость судна при работе тригенерационных систем как в автономном, так и в параллельном режиме с судовой электростанцией. Кроме того, тригенерация способствует значительному снижению общего негативного влияния выхлопных газов на окружающую среду.

Исследования, проводимые в УНИХКЭ ОНАПТ, позволили сформировать основные принципиальные характеристики эффективных судовых тригенерационных установок. Анализ показал, что к ключевым требованиям к системам судовой тригенерации относятся, во-первых, низкие массогабаритные характеристики, вследствие строго ограниченного пространства судовых помещений под утилизационное оборудование. Во-вторых, судовая тригенерационная система должна обладать достаточной простотой конструкции, автоматизацией, а также возможностью работы в широком диапазоне изменяющихся рабочих параметров.

Требование низких массогабаритных характеристик, в большей степени, относится к теплоиспользующей холодильной машине, которая входит в состав тригенерационной установки. Как правило, среди представленных в мире тригенерационных систем различного назначения, в качестве теплоиспользующих холодильных машин доминируют абсорбционные холодильные машины (АХМ), преимуществом которых является наиболее высокий COP, достигающий обычно значения 0,75, а также возможность обеспечивать большую холодопроизводительность (200 кВт и выше). Однако, существенным недостатком АХМ являются их большие размеры и масса. Они требуют достаточно большого количества места для установки, что является крайне нежелательным в условиях ограниченного судового пространства. Кроме того, цена АХМ на сегодняшний день очень высока, а конструктивные особенности предусматривают достаточно сложные процессы и аппараты.

Проведенный технико-экономический анализ различных холодильных машин, использующих тепло выхлопных газов и работающих в режиме кондиционирования воздуха, показал, что наиболее экономичными в диапазоне малых и средних холодопроизводительностей Q_o – до 200 кВт, являются эжекторные холодильные машины (ЭХМ), работающие на легкокипящих веществах. Главными достоинствами ЭХМ перед АХМ являются простота конструкции, высокая надежность и доступность, низкие капитальные и эксплуатационные затраты. Исключительная простота конструкции ЭХМ позволяет произвести ее полную автоматизацию, при которой обслуживающий персонал выполняет только профилактические проверки, настройку и текущий ремонт основного оборудования и средств автоматики [3, 4].

Единственным недостатком ЭХМ является их относительно низкий COP, который обычно не превышает 0,4. Однако, недавние экспериментальные исследования ЭХМ на холодильных агентах R141b и R245fa показали, что COP системы может быть повышен до 0,65 с применением ряда мето-

дов підвищений ефективності роботи ЕХМ. Эти результаты делают ЭХМ энергетически конкурентоспособными, ставя их в один ряд с АХМ по коэффициенту преобразования энергии.

В УНИХКЭ ОНАПТ разработан новый способ дальнейшего уменьшения массогабаритных характеристик судовых тригенерационных систем. Он представляет собой систему, работающую по совмещенному (гибридному) эжекторному холодильному циклу и органическому циклу Ренкина (ОРС). Реализовать такой гибридный цикл стало возможным благодаря тому, что ЭХМ, как и ОРС-машина включает в себя паросиловой цикл. Отличие лишь в том, что в ОРС-машине на месте эжектора установлена паровая турбина.

В настоящее время мы продолжаем дальнейшие изучения судовых гибридных тригенерационных систем (СГТС) с целью определения наиболее эффективных рабочих веществ с точки зрения энергоэффективности, экономической целесообразности и экологической безопасности, для использования их в СГТС при сравнительно низких температурах кипения (до -5°C). Среди большой группы природных озонобезопасных рабочих веществ только некоторые могут стать альтернативой HCFC агентам. Среди этих веществ следующие: пропан (R290), пентафторпропан (R245fa), бутан (R600) и изобутан (R600a). Однако, R290 является малоэффективным для применений в СГТС из-за низкой критической температуры. Согласно решению Международного института холода, взрывоопасность веществ R600 и R600a не исключает возможность их использования в СГТС при условии обеспечения всех необходимых мер безопасности. Необходимая степень безопасности СГТС, работающей на приведенных углеводородах, может быть полностью достигнута из-за высокой надежности и простоты конструкции СГТС, а также возможность установки системы не только в судовых трюмах или твиндеках непосредственно возле потребителя холода, но и на верхней палубе. Наши расчеты показали, что R245fa является наиболее эффективным рабочим телом для СГТС [5]. Однако, для того, чтобы достичь высокой энергетической эффективности, необходимы дальнейшие экспериментальные исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Петренко В.А.** Утилизация тепла выхлопных газов энергетических установок для комбинированного производства тепла и холода / В.А. Петренко, А.С. Воловик // Сборник научных трудов 3-й Международной научно-технической конференции “Современные проблемы холодильной техники и технологии”. – Одесса, 2003. – С. 48-49.
2. **Петренко В.А.** Применение эжекторных холодильных машин в системах охлаждения наддувочного воздуха / В.А. Петренко, А.С. Воловик // Сборник научных трудов 7-й Международной научно-технической конференции “Современные проблемы холодильной техники и технологии”. – Одесса, 2011. – Часть 1. – С. 30-32.
3. **О. Dimitrov.** Innovative solar and waste heat driven ejector chillers and air conditioners // Сборник научных трудов Международной научно-

технической конференции “Современные проблемы холодильной техники и технологии”. – Одесса, 2011 – С. 60-62.

4. **О. Dimitrov, O. Yakovleva, M. Khmelniuk.** Trigenation as a method of high efficient utilization of secondary energy resources of the ship power plant // Вестник АТУ, IV международная научно-техническая конференция «Казахстан-Холод 2014» - Алматы, 2014 - с. 40 – 43

5. **Димитров А. А., Яковлева О. Ю., Хмельнюк М. Г.** Анализ судовой гибридной тригенерационной системы, работающей по эжекторному холодильному циклу и органическому циклу Ренкина // Сборник научных трудов XV Международной научно-технической конференции «Совершенствование процессов и оборудования пищевых и химических производств» - Одесса, 2014

УДК 621.564

ИССЛЕДОВАНИЕ ПУТЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПАРОКОМПРЕССОРНЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН

Авторы: **Кулик А. А., Кузьменко М. М., Яковлев Ю.А.,**

Учебно-научный институт холода криотехнологий и экоэнергетики им. В. С. Мартыновского, Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

В настоящее время парокomppressorные холодильные машины широко применяются для искусственного охлаждения в интервале температур от +20 до -120° С, т.к. имеют наилучшую энергетическую эффективность по сравнению с холодильными машинами других типов.

В структуре энергопотребления отраслями промышленности Украины на долю холодильных установок приходится до 8 % всей производимой электрической энергии. Холодильная отрасль в Украине использует энергию крайне неэффективно т.к. потенциал энергосбережения для холодильных систем составляет порядка 60 % от общего потребления электроэнергии. Поэтому исследование путей совершенствования парокomppressorных холодильных машин и определение мероприятий по их модернизации с целью повышения эффективности использования энергоресурсов является актуальной задачей.

В работах [1,2] авторы рассматривают возможность увеличения энергоэффективности цикла парокomppressorной холодильной машины за счет использования неравномерности температуры окружающей среды в течение года, месяца и даже суток. Уменьшение энергопотребления предполагается только для тех холодильных машин, компрессоры которых работают с постоянной степенью сжатия, при постоянном давлении конденсации и практически не изменяющейся температуре окружающей среды. С понижением температуры среды ниже расчетной для поддержания установленного зна-