

УДК 621.181.2.

А.Г. Данилян, В.И. Чимшир, И.В. Власов, А.И. Найденов

**НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ
ГЛУБОКОЙ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ**

Проведено исследование современной утилизации тепла энергетических установок морских судов Мирового морского флота. Выявлены приоритетные направления получения дополнительной электроэнергии за счет утилизации тепла главной энергетической установки судна. Используя современные направления достижения науки в возможном применении низкотемпературного тепла в гидropаровых турбинах ГПТ профессора В.А. Зысина, сделаны конкретные предложения применительно к морскому флоту. Определены дальнейшие шаги совершенствования ГПТ с целью более глубокой утилизации тепла энергетических установок судна. Предложено впервые, использовать тепло внутреннего контура судового главного двигателя в усовершенствованных с помощью нанотехнологий ГПТ.

Ключевые слова: морской флот, утилизация тепла отработанных газов, главная энергетическая установка, вспомогательный паротурбогенератор, вспомогательный газотурбогенератор отходящих газов, гидropаровая турбина, низкотемпературное тепло, утилькотел.

Проведено дослідження сучасної утилізації тепла енергетичних установок морських суден світового морського флоту. Виявлено пріоритетні напрямки отримання додаткової електроенергії за рахунок утилізації тепла головної енергетичної установки судна. Використовуючи сучасні напрямки досягнення науки в можливому використанні низько-температурного тепла в гідropарових турбінах ГПТ професора В.А. Зи-сіна, зроблені конкретні пропозиції стосовно морського флоту. Визначено подальші кроки вдосконалення ГПТ з метою більш глибокої утилізації тепла енергетичних установок судна. Запропоновано вперше, використовувати тепло внутрішнього контуру судового головного двигуна в удосконалених за допомогою нанотехнологій ГПТ.

Ключові слова: морський флот, утилізація тепла відпрацьованих газів, головна енергетична установка, допоміжний паротурбо-генератор, допоміжний газотурбогенератор газів, що відходять, гідropарова турбіна, низькотемпературне тепло, утилькотел.

The study of modern heat recovery power plants of ships of the merchant marine of the World. Identified priority areas for more electricity from waste heat recovery Main propulsion vessel. Using modern scientific achievements in the areas of possible use of low temperature heat in hydrosteam turbines HST Professor V.A. Zysin, made specific proposals in relation to the

© Данилян А.Г., Чимшир В.И., Власов И.В., Найденов А.И., 2016

merchant marine of the world. The further steps with a view to improving the deeper heat recovery power plants vessel. It is proposed for the first time, use the heat of the inner loop of the ship main engine for improved using nanotechnology HST.

Keywords: *merchant marine fleet, utilization of waste heat gases, the main power plant, the auxiliary steam turbine generator, an auxiliary gas turbine exhaust gas, hydro-steam turbine, low-temperature heat, utilization boiler.*

Постановка проблемы. Бурное развитие Мирового морского флота, предопределило его качественное изменение, увеличив его общую энергоемкость, повысило мощности главной энергетической установки, судовой электростанции. Параметры судовых двигателей внутреннего сгорания СДВС постоянно повышаются, что ведет к увеличению параметров утилизированного тепла. Вместе с тем, объемы низкотемпературного тепла (бросового тепла), тоже увеличиваются, предоставляя определенные возможности в его использовании. В передовых научных разработках даны конкретные расчеты использования утилизированного тепла, которое может составить до 10 % мощности главной энергетической установки.

Сам процесс утилизации тепла на современных судах в последнее время получил свое развитие в использовании энергии отработанных газов главного двигателя в утилькотлах для работы вспомогательного паротурбогенератора, и на прямую после турбины наддува двигателя он утилизируется в турбогенераторе отработанных газов. Цель изыскания в данной работе, направлена на использование низкотемпературного тепла в ГПТ на морских судах.

Анализ последних исследований и публикаций. Проанализированы научные публикации отечественных и зарубежных авторов, включая последние разработки и тепловые схемы мировых лидеров производящих судовое энергетическое оборудование. За основу взято высокопроизводительное и совершенное оборудование Mitsubishi Heavy Industries, Ltd (МНИ) – лидера компаундных схем утилизации тепла СДВС. – Журнал № 1, март 2011.

Существует достаточно большое количество схем и технологий глубокой утилизации тепла судовых дизелей на Мировом морском флоте.

Развитие современного дизелестроения идет по пути увеличения мощностей главных судовых двигателей, а это в большей степени повышает их рабочие показатели и открывает новые возможности использования самых современных научных разработок в тепловых схемах морских судов.

Максимальное использование тепла на судах, обеспечивают последние технические разработки мировых лидеров производящих судово-

вое энергетическое оборудование, Mitsubishi Heavy Industries, Ltd (MHI), лидирует в создании компаундных схем утилизации тепла СДВС.

Будущее в утилизации тепла, сегодня предопределено новыми научными разработками ООО «Турбокон» Калужский турбинный завод, экспериментальное исследование 2014 г., исследованиями академика А.Ф. Булата «Энергетическая эффективность газопоршневой установки с гидропаровой турбиной», ж-л «Компрессорное и энергетическое машиностроение» № 1 от 23 марта 2011 г. Киев в использовании низкотемпературного тепла в гидропаровых турбинах ГПТ профессора В.А. Зысина. Эти установки могут найти свое практическое применение на крупных тепловых станциях, шахтных энергетических блоках. Основные направления методики использования утилизационного тепла нашли свое отображение в диссертации на соискание ученой степени к. т. н. В.Е. Макарьева «Методические основы повышения эффективности судовых энергетических установок СЭУ путем использования утилизационных турбин». «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова» 2015 г.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Традиционное использование утилизационного тепла не позволяют использовать это тепло в виде пароводяной смеси на линии: потребители – конденсатор парового котла. В настоящее время это тепло не используется в судовой энергетике по причине отсутствия тепловой машины, которая могла бы использовать это низкотемпературное тепло. Любая паровая турбина требует более высоких рабочих параметров, по мнению авторов статьи, ГПТ будут с успехом применяться на морском флоте, используя бросовые потоки тепла отходящих газов СДВС. Дальнейшее совершенствование процесса глубокого использования низкотемпературного тепла в ГПТ постоянно находится в поле внимания ученых ведущих мировых научных центров, что позволит в дальнейшем использовать полученные результаты на Мировом морском флоте.

Обогрев топливных танков хранения тяжелого топлива до 45 °С, требует большего количества тепловой энергии, которая вырабатывается за счет отходящих газов главного двигателя и используется в утилизационном котле. Зачастую этого тепла недостает для прогрева тяжелого топлива в танках и встает необходимость, использовать вспомогательный паровой котел, дополнительно затрачивая для этой цели дизтопливо. Это связано с стоянками судна и большими теплопотерями при плавании в различных климатических широтах. Более 70 % выработанного тепла на судне, затрачивается на обогрев топливных танков и топливоподготовку СДВС и СТС.

В последнее время на рынке судовых энергетических машин и систем, предлагается различная современная продукция, позволяющая производить глубокую утилизацию тепла в судовых условиях, но ни одна из них не способна использовать низкотемпературное тепло для производства дополнительной электроэнергии с использованием пароводяной

смеси отработанного пара. Выработка дополнительной электроэнергии на судне является актуальным вопросом в получении сверхприбыли при перевозке скоропортящихся грузов в рефконтейнерах, специализированных судах в газозавах при перевозке сжиженного газа и др. Как известно из практики: грузовладелец, чартер в погоне за финансовым результатом, устанавливает на палубе судна временные дизельгенераторы, обеспечивающие электроэнергией дополнительную загрузку судна высокофрахтовым грузом.

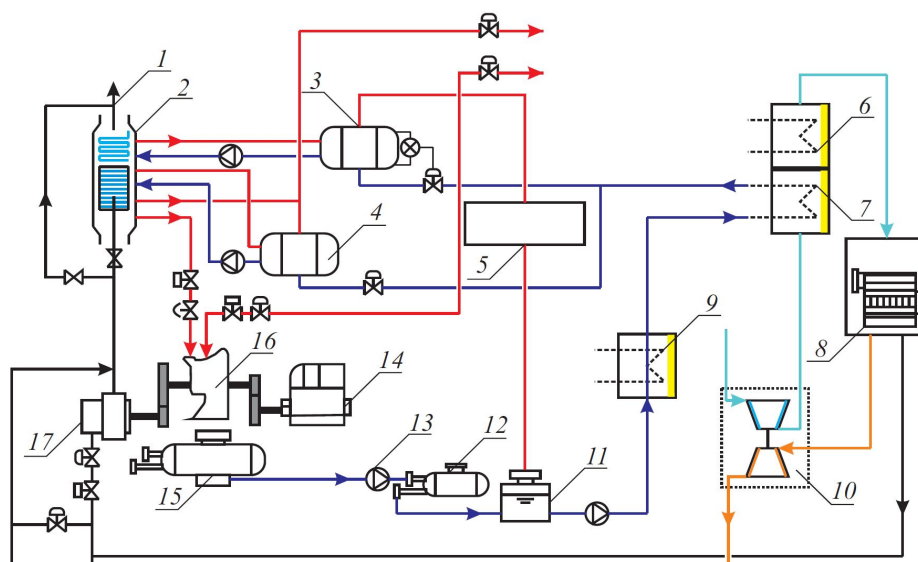


Рис. 1. Схема компаундной утилизации тепла СДВС
Mitsubishi Heavy Industries, Ltd (MHI):

- 1 – отработавшие газы; 2 – утилизационный котел; 3 – LP Drum;
4 – HP Drum; 5 – пар для судовых нужд; 6 – охладитель наддувочного
воздуха; 7 – водяной холодильник; 8 – главный двигатель;
9 – охлаждающая жидкость; 10 – турбокомпрессор;
11 – насос подачи воды; 13 – насос конденсатора; 14 – генератор;
15 – конденсатор; 16 – паровая турбина; 17 – турбина ОГ

Компаундные схемы утилизации тепла СДВС более громоздки и трудоемки [1] по своему исполнению, а значит и дорогостоящие при строительстве судов. Использование их на морском флоте оправдано более глубокой утилизацией тепла и повышением мощности судовых электростанций. Сказанное, наглядно подтверждается графиком мощности компаундной установки (ПТ + ТОГ), и установки с обычным отбором тепла в виде произведенного пара для вспомогательной паровой турбины (ПТ).

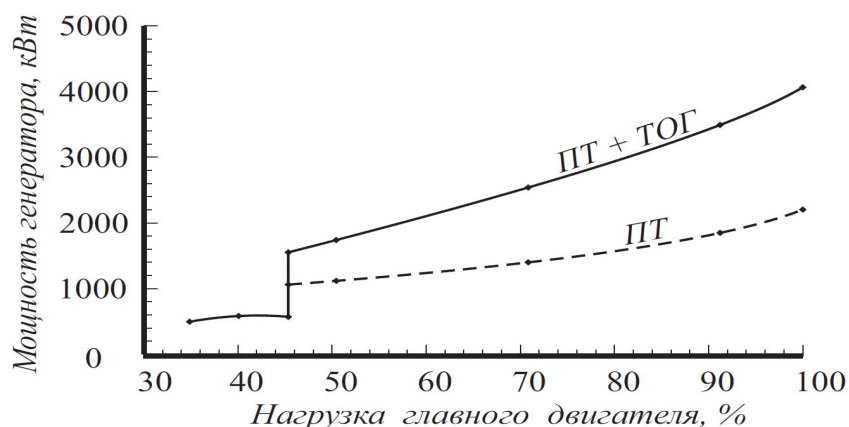


Рис. 2. Графік залежностей навантаження головного двигача від виробуваної потужності в компаундній установці (ПТ + ТОГ) і паровій турбіні (ПТ)

Как видно из графика (см. рис. 2), компаундная установка в два раза выше по мощности и ее кривая практически эквидистантна кривой (ПТ) начиная с 50 % навантаження двигача, удваивает мощность на каждом последующем режиме навантаження. Что очень существенно для эконом режимов работы судна, не секрет – сегодня с целью экономии топлива, судовладелец, или чартер, планирует рейсовое задание с ограничением мощности до 50 %. Несмотря на достигнутые результаты в компаундных установках утилизационного тепла современных судов, мы подошли к пределу возможностей дальнейшего совершенствования этих установок [1].

Цель статьи. Авторами данной статьи предлагается использование более глубокой утилизации тепла, тепло которое на судах не используется, оно отработывается в судовых потребителях и возвращается в конденсатор парового котла с температурой 130 °-90 ° С (температура возвратной пароводяной смеси зависит от района плавания судна). В качестве энергетической установки для использования низкотемпературного тепла, более всего подходит гидропаровая турбина ГПТ В.А. Зысина.

Впервые в статье раскрыты собственные предложения авторов, которые позволят значительно увеличить утилизацию низкотемпературного тепла и повысить эффективность работы судовой ГПТ. Эти предложения явились результатом длительной практической работы и научного мышления в области эффекта изменения угла опережения с снижением навантаження на высокомошных крейцкопфных двигачах (MAN B&W MC-C) оснащенных системой Variable Injection Timing VIT. Применения оригинального решения в подогреве тяжелого топлива в танках хранения топлива с снижением затрат тепла на подогрев, использование тепла внутреннего контура СДВС.

Изложение основного материала. Гидропаровая турбина ГПТ В.А. Зысина может стать техническим прорывом в утилизации низкотемпературного тепла на морском флоте, которое считалось бросовым и никогда не использовалось в судовой энергетике. На рисунке 3 показана схема работы ГПТ с электрогенератором и системой рабочей среды и конденсата. Помимо получения дополнительной электроэнергии, бойлер-конденсатор может успешно использоваться для подогрева воды на судовые хозяйды.

Конструкция ГПТ (см. рисунок 3) напоминает сегнерово колесо и мало чем похоже на паровую турбину. Горячая вода с параметрами 2,5-3 бара и температурой 130°C - 80°C входит в полый вал ГПТ и далее по каналам колеса истекает из сопел, создавая вращающий момент, приводя во вращение электрогенератор. В ходовом режиме судна утилизация тепла от отходящих газов главного двигателя позволяет удерживать параметры утилькотла для устойчивой работы ГПТ, используя горячую воду обратной системы котельной воды.

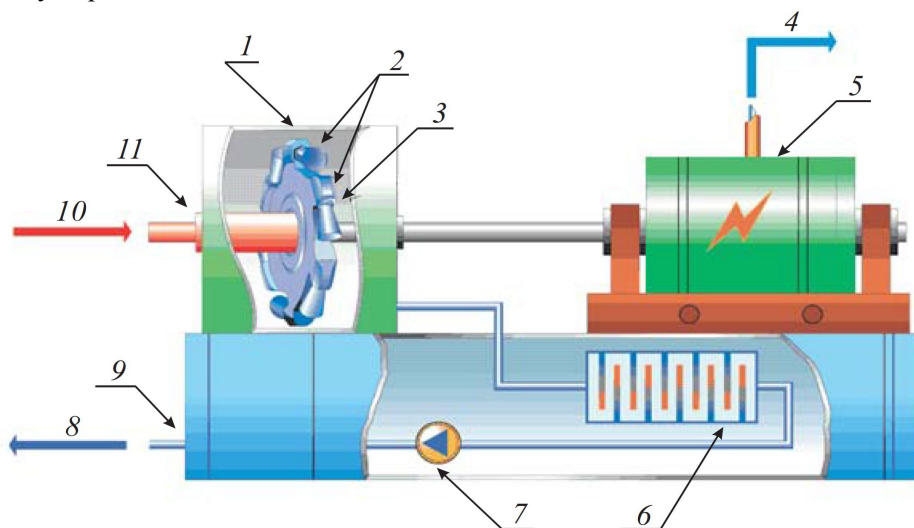


Рис. 3. Модель ГПТ В.А. Зысина для выработки электроэнергии от низкотемпературного тепла:

- 1 – гидропаровая турбина; 2 – сопло Лавалья; 3 – объемное вскипание создает пароводяную струю, вращающую ротор генератора;*
- 4 – электричество; 5 – электрогенератор; 6 – бойлер-конденсатор;*
- 7 – конденсаторный насос; 8 – в сеть; 9 – отработанный пар конденсируется и возвращается в сеть; 10 – горячая вода;*
- 11 – горячая вода через каналы на роторе подается в кожух с низким давлением*

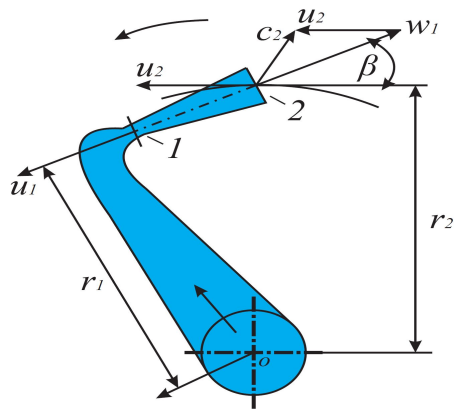


Рис. 4. Разложение сил теплоносителя в сопловом аппарате ГПТ

На рисунке 4 теплоноситель, входящий в сопловой аппарат, разлагается на вектора потока жидкости и диска ротора, где C_2 – вектор абсолютной скорости потока; U_2 – вектор окружной скорости потока; W_1 – вектор относительной скорости потока; U_1 – вектор окружной скорости диска ротора. Как было сказано выше, рабочий поток жидкости, входя в канал вала ротора, переходит в сопла диска, где, проходя с минимальным сопротивлением кривизну сопла, направляется к его оконечности [2]. Скорость потока рабочей жидкости значительно увеличивается в сужающейся части сопла Лавала, что уже с переходом в расширяющуюся его часть дает возможность рабочей жидкости превратиться в пар, создавая все условия для получения вращающегося момента вала ротора.

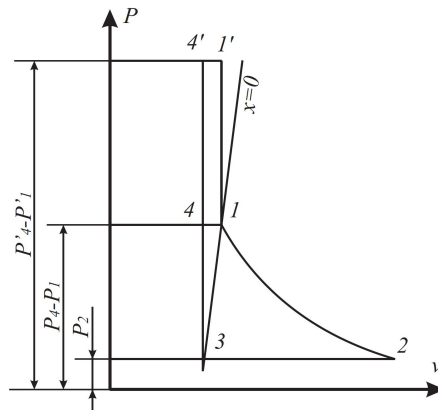


Рис. 5. Термодинамический цикл турбины ГПТ

Вся термодинамика процесса показана на рисунке 5. Участок 1-1' отображает сужающую часть сопла Лавала; 1-2 – движение рабочего потока в расширяющейся части сопла, где происходит интенсивное парообразование; 2-3 – участок конденсации пара; 3-4 повышение давления

воды и ее подогрев перед ротором турбины; 4-4' повышение давления и перегрев воды на участке ротор турбины-сопло Лавалья за счет центробежных сил при вращении ротора турбины.

Создателем турбины профессором В.А. Зысиным сделан важнейший вывод: – вся полезная работа совершается в ГПТ за счет внешней энергии идущей на повышение давления и подогрев воды – участок 3-4. Все потери энергии на трение и тепло, отображаются на величине эффективного КПД ГПТ [2], который мог первоначально находится в пределах 40-50 %. В настоящее время за счет улучшения профилирования направляющего аппарата турбины и сопла Лавалья, а также использования вакуумирования в конденсаторе ГПТ и увеличения давления насосом на входе в турбину удалось получить увеличение КПД до 70 %.

Высокой результативности в вопросе совершенствования ГПТ и ее систем добились в научно-практических исследованиях на шахте им. А.Ф. Засядько. В результате проведенных экспериментов были получены конкретные данные повышения эффективности энергетического комплекса шахты [3; 4]. Используя их методику, можно перенести исследования на морской флот с последующей доработкой тепловых схем судна и специфики использования энергетической установки.

Поверочный расчет подбора ГПТ под судовую энергетическую установку может быть выполнен по следующей методике:

– используя широко применяемую формулу Стодола, можно определить потери на трение в ГПТ [4; 5]

$$P_{\text{тр.}} = \lambda \cdot A \cdot d^2 \cdot P_c \left(\frac{U}{1000} \right)^3 \text{ кВт}, \quad (1)$$

где коэффициент $\lambda = 1,2-1,3$ для насыщенного пара;

$A = 1,0$; d – диаметр ротора турбины;

P_c – плотность паровой смеси в камере ротора, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

U – скорость ротора $\frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Для определения расхода горячей воды на турбину G , задаемся мощностью турбины N_T , исходя из приближенных значений утилизации тепла

$$G = \frac{N_T}{i_1 - i_2} \frac{\text{кг}}{\text{с}}, \quad (2)$$

где i_1 – энтальпия при дросселировании потока в сопле Лавалья;

i_2 – энтальпия жидкости на выходе из соплового аппарата Лавалья.

Далее находим потребляемую мощность насоса ГПТ N_H

$$N_H = \frac{G\Delta P}{102 \cdot \eta_H} \text{ кВт}, \quad (3)$$

где ΔP – напор насоса м вод. ст.;

η_H – КПД насоса.

Для нахождения мощности турбины N_T , нам необходимо определить относительный эффективный КПД турбины, который может быть подобран с учетом найденного Δt – температурного напора турбины [5]

$$\Delta t = T_1 - T_2 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (4)$$

где T_1 и T_2 – температуры теплоносителя на входе и выходе соплового аппарата Лавалья.

$$N_T = \eta_{оэ} \frac{G(i_1 - i_2)}{1000} \text{ кВт}. \quad (5)$$

Коэффициент полезного действия ГПТ определяется по формуле

$$\eta_{ГПТ} = \frac{N_T - P_{тр.}}{N_{вт} + N_H}, \quad (6)$$

где $P_{тр.}$ – вводимая тепловая мощность ГПТ, определяется из расчета тепловой схемы турбины.

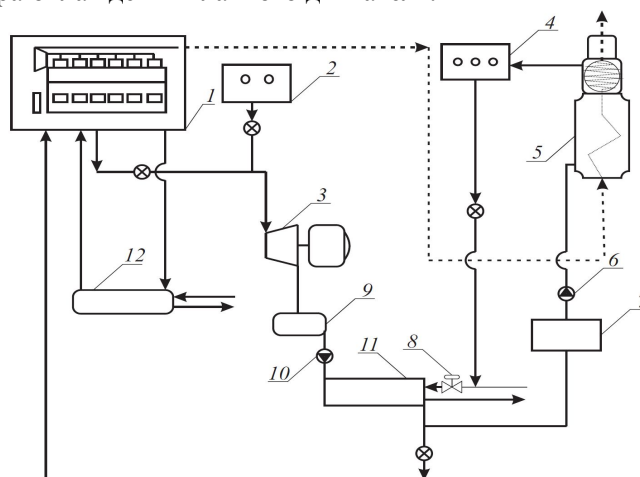
Авторами статьи предлагается рабочая тепловая схема (рис. 6) глубокой утилизации низкотемпературного тепла, ранее никогда не используемого на морском флоте. Подобная схема своей универсальностью обеспечивает все ходовые режимы судна в различных широтах плавания Мирового океана.

Главный судовой двигатель имеет отработанные газы после газовой турбины наддува ГТН с параметрами $320^\circ\text{--}340^\circ\text{C}$ в режиме номинальной мощности, передавая их в комбинированный паровой котел, который работает автономно на дизтопливе, и как утилькотел работает от отходящих газов ГТН главного двигателя. Полученный пар в паровом котле поступает к распределителю судовых потребителей. Все судовые потребители обладают различной степенью теплового использования пара с параметрами $260^\circ\text{--}280^\circ\text{C}$. Самым большим потребителем тепла на судне являются паровые подогреватели танков хранения тяжелого топлива, вязкость которого при 50°C $335 \frac{\text{мм}^2}{\text{сек}}$, или 335 сСт. Поэтому в раз-

личных широтах плавания будут разные затраты тепла на подогрев тяжелого топлива в танках хранения. Работая в средних умеренных климатических широтах, возврат пароводяной смеси составит $130^{\circ}\text{--}115^{\circ}\text{C}$, который может с успехом использоваться в ГПТ.

Предложенная тепловая схема, позволяет работать в любых широтах. Предусмотрена система для работы ГПТ от внутреннего контура двигателя, предварительно перекрыв 2 – сборник отработанного пара и начав потребление теплоносителя от главного двигателя в его номинальном режиме работы. Теплоносителем в данном режиме, является вода внутреннего контура охлаждения двигателя с параметрами $85^{\circ}\text{--}95^{\circ}\text{C}$.

За счет универсальности схемы, можно использовать судовой комбинированный вспомогательный котел с автономным топливосжиганием для поддержания нужной температуры в контуре охлаждения главного двигателя с целью эффективной работы ГПТ. Используя терморегулирующий вентиль 8 можно повышать и снижать температуру внутреннего контура охлаждения главного двигателя.



*Рис. 6. Судовая тепловая схема глубокой утилизации
низкотемпературного тепла:*

- 1 – главный двигатель; 2 – сборник отработанного пара;*
- 3 – ГПТ с эл. генератором; 4 – рабочий пар к распределителю потребителей; 5 – комбинированный паровой котел;*
- 6 – питательный насос котла; 7 – теплый ящик котла;*
- 8 – дистанционный терморегулирующий вентиль; 9 – конденсатор ГПТ;*
- 10 – насос конденсатора с эжектором; 11 – теплообменный аппарат (охладитель); 12 – охладитель внутреннего контура главного двигателя*

Источник: разработано авторами

Работая в северных широтах, где потребление пара резко возрастает и теплоноситель ГПТ начнет снижать температуру, станет острой необходимость в поддержании теплового баланса всей тепловой схемы. В такой ситуации в предложенной универсальной схеме достаточно будет открыть клапан ниже распределителя 4 и через дистанционный регулирующий клапан перепустить больше тепла на теплообменный аппарат 11, можно будет одновременно увеличить температуру на конденсаторе ГПТ и теплом ящике котла 7, что повысит температурный режим вспомогательного комбинированного котла и всей тепловой схемы. Этот режим работы может быть использован с системой автономного топливосжигания котла.

Эксплуатируя мощные крейцкопфные судовые двигатели, авторами статьи был накоплен опыт утилизации низкотемпературного тепла за счет эффекта работы системы VIT на главных двигателях MAN B & W MC-C. Эта система устанавливается на мощных двигателях с целью экономии топлива, где используется метод автоматического регулирования угла опережения впрыска топлива в цилиндр. Было замечено, что на малых углах опережения впрыска топлива, температура выпускных газов составляет 320°C - 340°C , хотя обороты двигателя снижаются до эконом хода, а температура практически не изменяется. Здесь есть только одно объяснение, которое было найдено при индицировании двигателя электронными средствами диагностики, штатным РМІ, угол опережения впрыска топлива составил в диапазоне $\varphi_{\text{ПКВ}} = -1^{\circ}$ - 0 поворота коленчатого вала т.е. мы получили достаточно поздний угол, который ведет к повышению температуры отходящих газов. Это позволяет нам на средних оборотах двигателя достаточно эффективно утилизировать тепло.

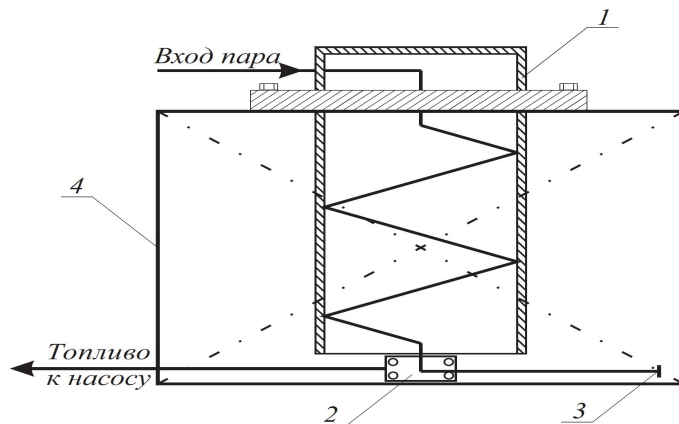


Рис. 7. Тепловая колонна танка хранения тяжелого топлива:
1 – корпус колонны; 2 – стейнер приема топлива; 3 – змеевик подогрева днища танка хранения топлива; 4 – танк хранения тяжелого топлива

Источник: разработано авторами

Идея по пути максимального использования низкотемпературного тепла, авторами статьи было предложено собственное решение подогрева тяжелого топлива в танках его хранения (см. рисунок 7). В танк хранения топлива монтируется тепловая колонна – 1, внутри которой проходит змеевик с высокой степенью теплосъема. Он подогревает до нужной температуры только тот объем топлива, который будет использоваться главным двигателем и дизельгенераторами т.е. то количество топлива, которое будет перекачиваться в машинно-котельное отделение судна МКО для дальнейшей его топливоподготовки. Остальной объем топлива в танке хранения будет подогреваться до меньшей температуры.

Использование традиционного подогрева танков хранения тяжелого топлива осуществляется змеевиками по всему днищу топливного танка, что по мнению авторов статьи крайне нецелесообразно – это приводит к большим тепловым потерям и снижению температуры обратного пара.

Тепловая колонна должна рассчитываться с учетом производительности топливоперекачивающего насоса для гарантийного обеспечения подачи топлива на сепараторы. Она также будет обеспечена автоматизированным управлением подачи теплоносителя на подогреватель колонны и змеевик топливного танка. Регулировка подачи тепла будет осуществляться электронным блоком управления с использованием дистанционных терморегулирующих клапанов – способных с большой точностью дифференцировать тепло между тепловой колонной и днищевыми змеевиками топливных танков судна.

Выводы и предложения. В статье сделан анализ существующих самых современных тепловых схем утилизации низкотемпературного тепла иностранными компаниями и их научными центрами, которые несмотря на их высокую эффективность, исчерпали себя в возможности их дальнейшего совершенствования, многие из которых сложны в эксплуатации и дорогостоящие в их производстве.

Авторами статьи предложено использование ГПТ В.А. Зысина на морском флоте. С этой целью разработана тепловая схема глубокой утилизации тепла, ранее никогда неиспользуемая на судах. Сама тепловая схема может с успехом быть применена при проектировании, строительстве и реновации судов.

Предложения по углубленному использованию низкотемпературного тепла, явились результатом длительной работы авторов на судах морского флота, судоремонтных базах, Морской академии. Использование системы внутреннего контура охлаждения главного двигателя для работы ГПТ и проектирование с последующим внедрением тепловой колонны для подогрева танков хранения тяжелого топлива на судах, могут уже в настоящее время дать значительную экономию средств.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Mitsubishi Heavy Industries Technical. – Vol. 48. – № 1. – March 2011. – P. 17-21.*
2. Трошенькин Б.А. *Возобновляемая энергия: Учебн. пособие. Часть 1. – Харьков: Изд-во «Форт», 2003. – 104 с.*
3. Макарьев Е.В. *Методические основы повышения эффективности СЭУ путем использования утилизирующих гидропаровых турбин: Учебн. пособие / Е.В. Макарьев. СПб.: Изд-во ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова, 2015. – 196 с.*
4. Кирсанов М.В., Лукиша А.П. *Оценка эффективности гидропаровой турбины для утилизации тепла шахтного энергокомплекса // Геотехническая механика. – Днепропетровск: Изд-во ИГТМ НАНУ, 2012. – № 107. – С.204-211.*
5. Булат А.Ф., Чемерис И.Ф. *Энергетическая эффективность газопоршневой установки с гидропаровой турбиной // Компрессорное и энергетическое машиностроение. – К.: Изд-во ЧП «Мастер-принт», 2011. – № 1. – С.20-23.*

Стаття надійшла до редакції 20.10.2016

Рецензенти:

академік Академії наук суднобудування України, доктор технічних наук, професор кафедри Суднові енергетичні установки та системи Дунайського інституту Національного університету «Одеська морська академія» **П.С. Суворов**

кандидат технічних наук, завідувач кафедри Суднові енергетичні установки та системи Дунайського інституту Національного університету «Одеська морська академія», механік першого розряду **І.З. Маслов**