



ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ СИСТЕМА ГЛАВНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРОПУЛЬСИВНОЙ УСТАНОВКИ МАЛОТОННАЖНОГО ТАНКЕРА

А.Р. Любарский, студент,
С.В. Юрков, доцент,
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

Представлен состав энергетического комплекса танкера – химовоза дедвейтом 15200 т. На основании информации вахтенных журналов были выполнены: анализ распределений нагрузок на элементы исследуемого энергокомплекса; обоснование оптимальной схемы утилизации вторичных энергоресурсов главного двигателя для данного судна.

танкер-химовоз, утилизация энергии уходящих газов, утилизационная газовая турбина, утилизационная паровая турбина

Для большинства используемых на морском транспорте современных двигателей внутреннего сгорания (ДВС), суммарные, в значительной степени неизбежные, потери в окружающую среду составляют до 50% теплоты сгорающего в цилиндрах топлива. При этом условия эксплуатации двигателя, т.е. его нагрузка и гидрометеорологические параметры окружающей среды, оказывают определенное влияние на величины этих потерь. В частности современные ДВС имеют сложные зависимости температуры и количества выпускных газов от нагрузки. Это обусловлено тем, что во избежание чрезмерных значений максимальных давлений цикла при нагрузках свыше 85 от номинальной нередко прибегают к байпасированию наддувочного воздуха в систему выпуска за турбиной нагнетателя, либо частично отводят выпускные газы в атмосферу, минуя турбину. Кроме того, в целях предотвращения помпажа компрессора, при нагрузках меньших 60%, выполняется байпасирование наддувочного воздуха на вход в газовую турбину [1].

Экономичность судовых энергетических установок (СЭУ) можно улучшить за счет использования энергии вторичных энергоресурсов (ВЭР).

Наиболее крупным источником ВЭР на судах являются выпускные газы двигателей внутреннего сгорания (ДВС). За счет утилизации их теплоты можно существенно улучшить экономические показатели СЭУ.

В настоящее время большинство главных двигателей (ГД) оснащены установками использования теплоты уходящих газов (УГ) ДВС для получения пара в утилизационных котлах (УК), также утилизируется теплота воды, охлаждающей ДВС и наддувочный воздух.

Реже применяются утилизационные паровые турбины (УПТ), работающие на перегретом паре от УК, и утилизационные газовые турбины (УТГ), по конструкции аналогичные турбинам ТН ДВС, но работающие на электрогенераторе.

Рациональный выбор параметров утилизационных систем на этапах проектирования или модернизации, выполненный на основе анализа технических характеристик энергетических комплексов (ЭК) в составе СЭУ, может оказать существенное влияние на повышение эффективности эксплуатации судовой энергетической установки в целом.

Для сравнительного анализа термодинамического совершенства различных вариантов энергетической установки (ЭУ), предназначенных для автономной выработки лишь одного вида энергии, например, электрической или механической, применение значений их эффективных к.п.д., представляющих собой отношение совершаемой полезной работы к работе, соответствующей максимально возможной при полном использовании теплоты сгораемого топлива, является обоснованным и достаточным показателем [2].

В данной статье предпринята попытка обоснования оптимальных параметров системы утилизации ВЭР главного двигателя танкера-химовоза “Harbour First” с использованием серийно выпускаемого оборудования.

Танкер-химовоз “Harbour First” дедвейтом 15200 т, построен в 2011 г. и предназначен для перевозки до шести видов разных грузов в 12-ти танках. Максимальная скорость судна 15,6 узлов.

Структурная схема исследуемой энергетической установки, изображённая на рисунке 1, включает в себя: одновальный пропульсивный комплекс с механической передачей через редуктор на винт регулируемого шага, приводимый в движение среднеоборотным двигателем Caterpillar MaK 7M43С мощностью 6300 кВт. Для обеспечения судна электрической энергией предусмотрены валогенератор и 3 вспомогательных дизель-генератора (ВДГ).

СЭУ также включает в себя вспомогательный водотрубный паровой котёл и комбинированный газотрубный паровой котел с паропроизводительностью утилизационной части 1600 кг/ч. Энергетические комплексы судна работают на высокосернистом тяжелом топливе и на низкосернистом дистиллятном топливе.

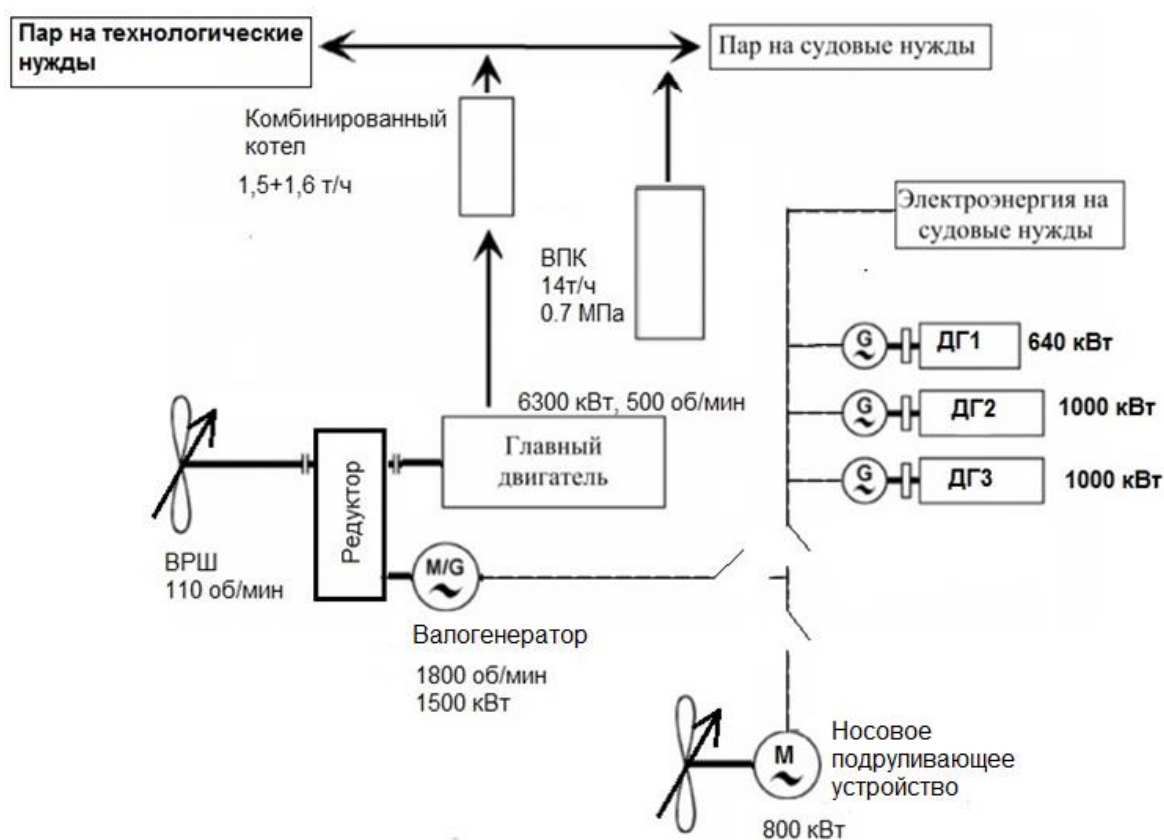


Рисунок 1 - Структурная схема СЭУ танкера “Harbour First”

Расчеты, выполненные в рамках выполненного исследования, базируются на основе технической документации судна, статистической информации из судового и машинного журналов. Существует несколько характерных режимов работы танкера-химовоза: погрузка, выгрузка, маневрирование в узкостях, переход по свободной воде, промывка грузовых танков, стоянка на рейде и смешанный режим. Для каждого из них характерны свои особенности распределения видов энергии.

На основании исходной информации, полученной из вахтенных журналов, выполнен анализ режимов нагружения ГД за грузовой рейс на переходе расстоянием 3000 морских миль.

Из гистограммы (рисунок 2) видно, что 74% времени рейса ГД работал на режимах нагружения, близких к оптимальному, характеризующихся минимальным удельным эффективным расходом топлива.

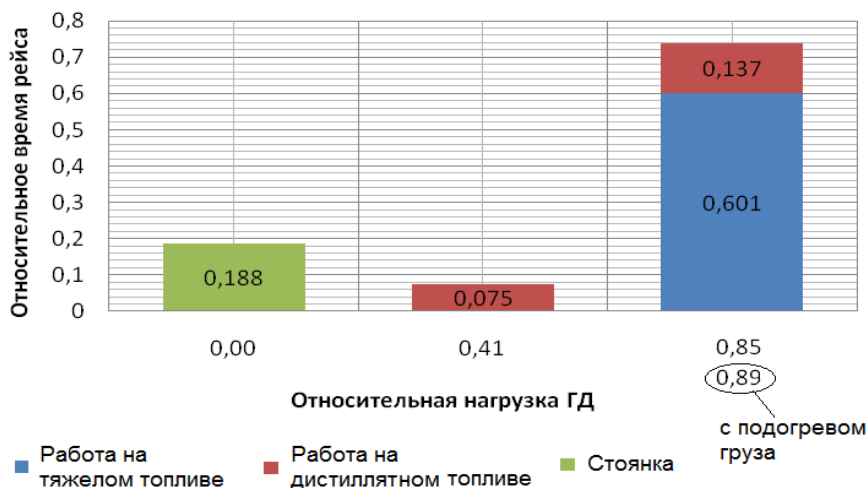


Рис. 2. Распределение нагрузки ГД за рейс

ВДГ снабжают судно электроэнергией только во время стоянки в порту и маневрировании в узкостях. Во время перехода судно снабжается электроэнергией от валогенератора.

Во время перехода без дополнительных операций судно потребляет в среднем 450 кВт электроэнергии. При подогреве груза в процессе транспортировки потребление электроэнергии возрастает до 700 кВт.

При перевозке груза, требующего подогрева в процессе транспортировки, относительная нагрузка на ГД возрастает в связи увеличением нагрузки на валогенератор.

Реализация производства электроэнергии за счет утилизации ВЭР могла бы снизить нагрузку на ГД до 78 %, снижая расход топлива на 8–12 %.

В базовом варианте ЭУ (рисунок 3) часть высокопотенциальной энергия выхлопных газов утилизируется в УК, производя насыщенный пар на общесудовые нужды. Низкопотенциальная энергия воды, охлаждающей наддувочный воздух и цилиндры двигателя, утилизируется в опреснительной установке.

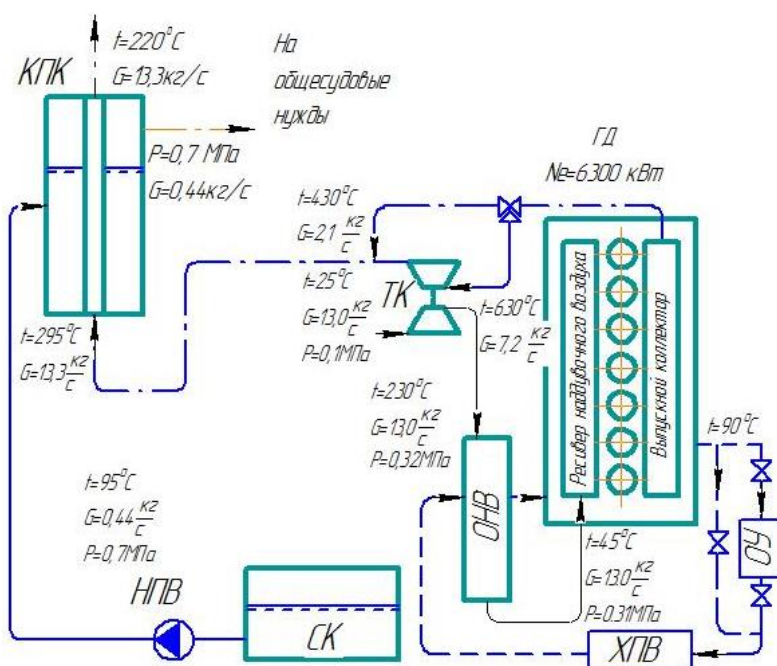


Рисунок 3 - Базовая схема утилизации ВЭР ГД на судне "Harbour First"

Из распределения потоков энергии топлива в двигателе 7М43С (рисунок 4) видно, что потери при охлаждении НВ немного превышают потери с выхлопными газами. В двигателе М43С реализован перепуск части выхлопных газов в обход турбины турбо-нагнетателя [3]. В результате моделирования рабочего процесса двигателя МаК 7М43С и его ТК была определена избыточная мощность выхлопных газов, которая составляет 350 кВт.

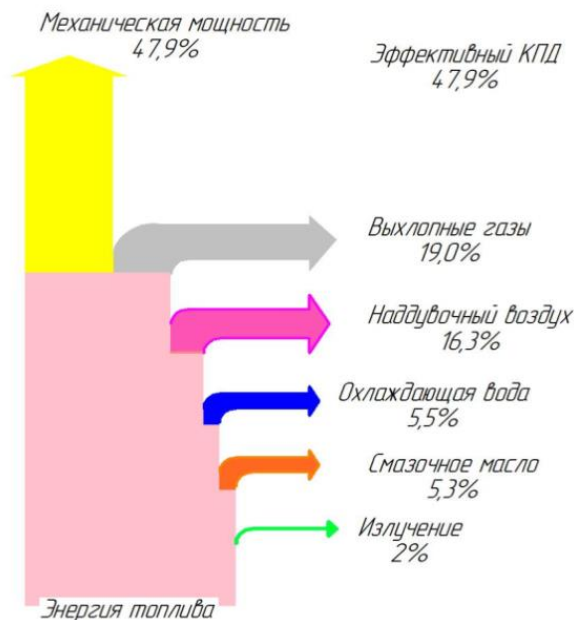


Рисунок 4 - Распределение потоков энергии топлива ГД МаК 7М43С

Эту мощность можно использовать для производства электроэнергии, перепуская часть выхлопных газов через турбину, соединенную с генератором переменного тока (рисунок 5).

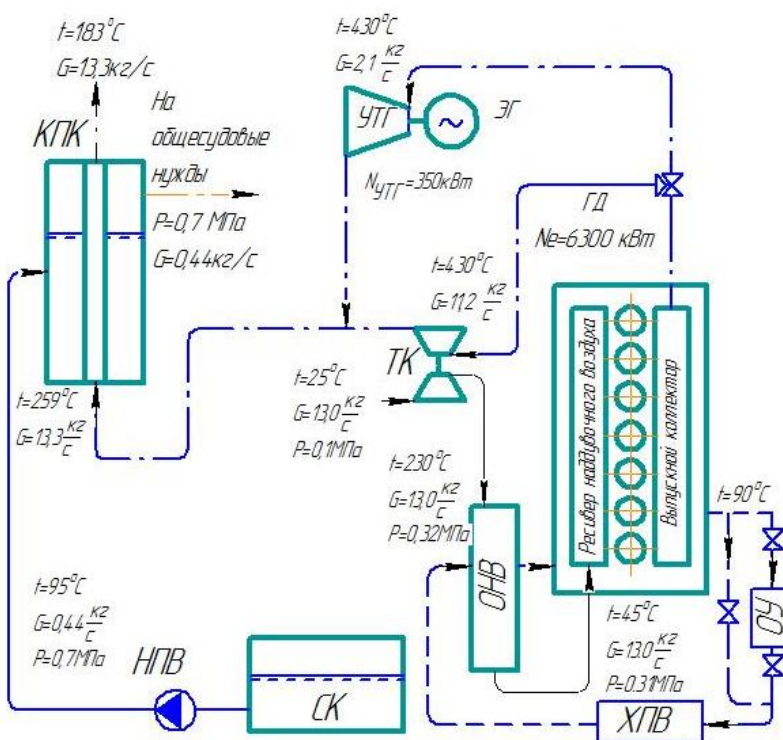


Рисунок 5 - Схема утилизации с утилизационной газовой турбиной

При данной схеме дополнительно утилизируется до 2,7% энергии топлива, что равносильно увеличению КПД двигателя до 50,6% (рисунок 6).

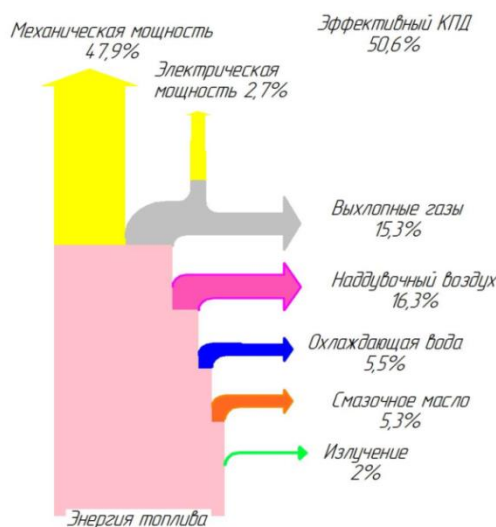


Рисунок 6 - Распределение потоков энергии топлива ГД МаК 7М43С с УТГ

Анализ данных по выхлопным газам двигателя МаК 7М43С показал, что тепловой энергии выхлопных газов достаточно для производства перегретого пара для утилизационной паровой турбины. Но для этого необходимо заменить УК на водотрубный. Мощность турбины при этом составит до 250 кВт, учитывая, что часть энергии выхлопных газов утилизируется для производства насыщенного пара на общесудовые нужды. Кроме того, используя тепло ОВ, выходящей из двигателя, для подогрева конденсата можно утилизировать до 70 кВт тепловой энергии (рисунок 7).

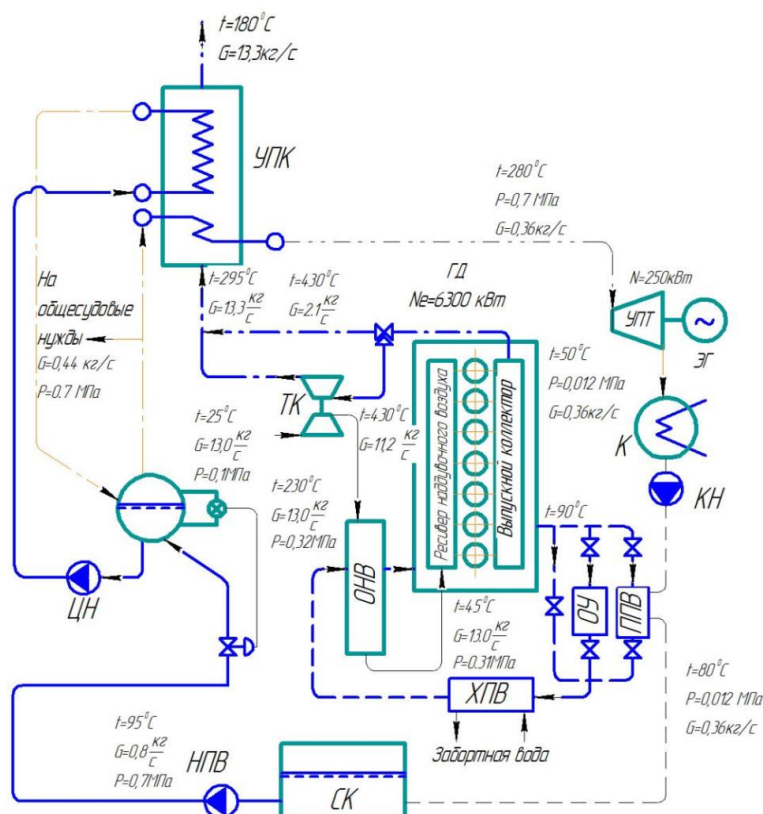


Рисунок 7 - Схема утилизации с утилизационной паровой турбиной

При данной схеме дополнительно утилизируется до 1,9% энергии топлива. Появляются также дополнительные потери энергии в конденсаторе отработавшего пара – (рисунок 8).

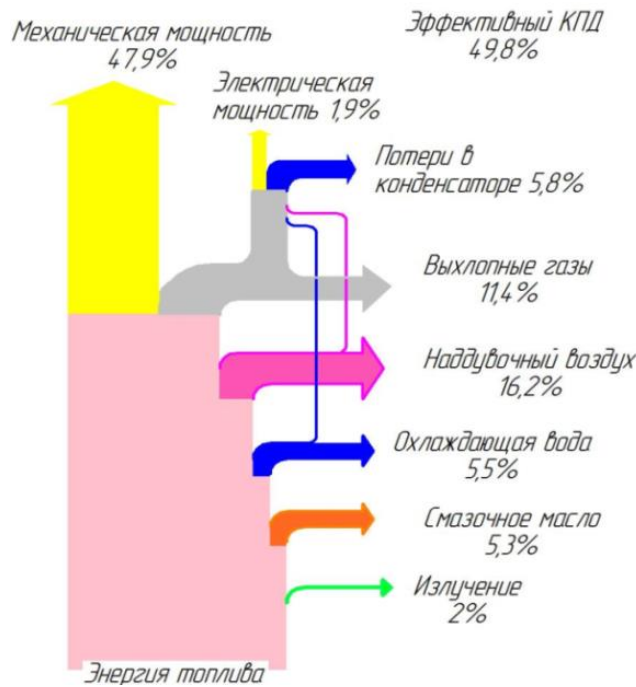


Рисунок 8 - Распределение потоков энергии топлива ГД МаК 7М43С с УПТ

При одновременной установке УГТ и УПТ наблюдается значительное снижение максимальной мощности паровой турбины до 75 кВт, вызванное снижением температуры газов перед УК (рисунок 9).

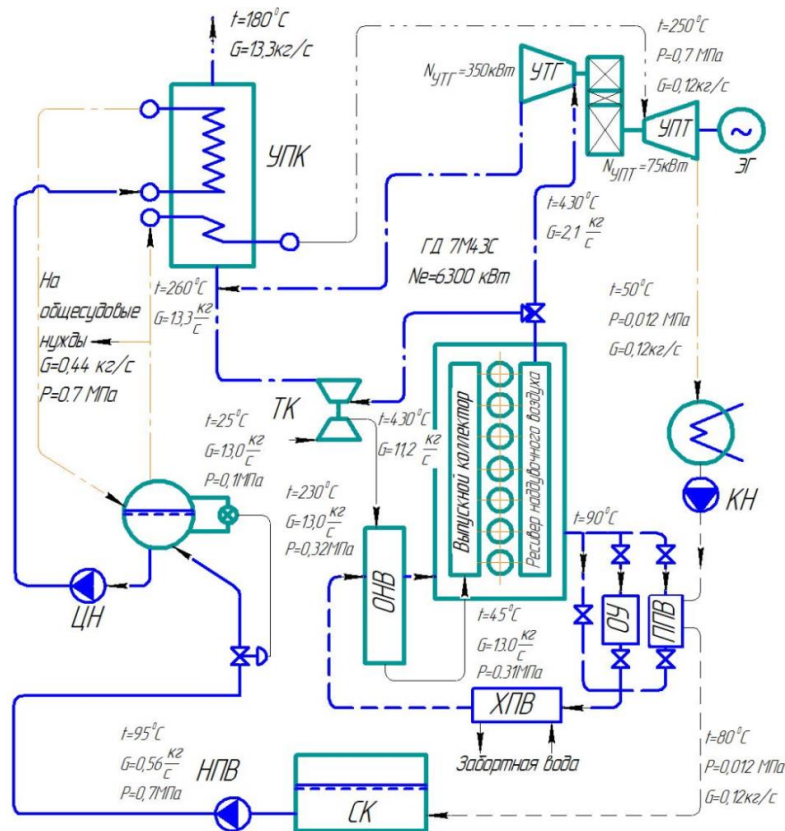


Рисунок 9 - Схема утилизации с УПТ и УГТ

Условные обозначения на схемах рисунков 3, 5, 7, 9 приведены на рисунке 10.

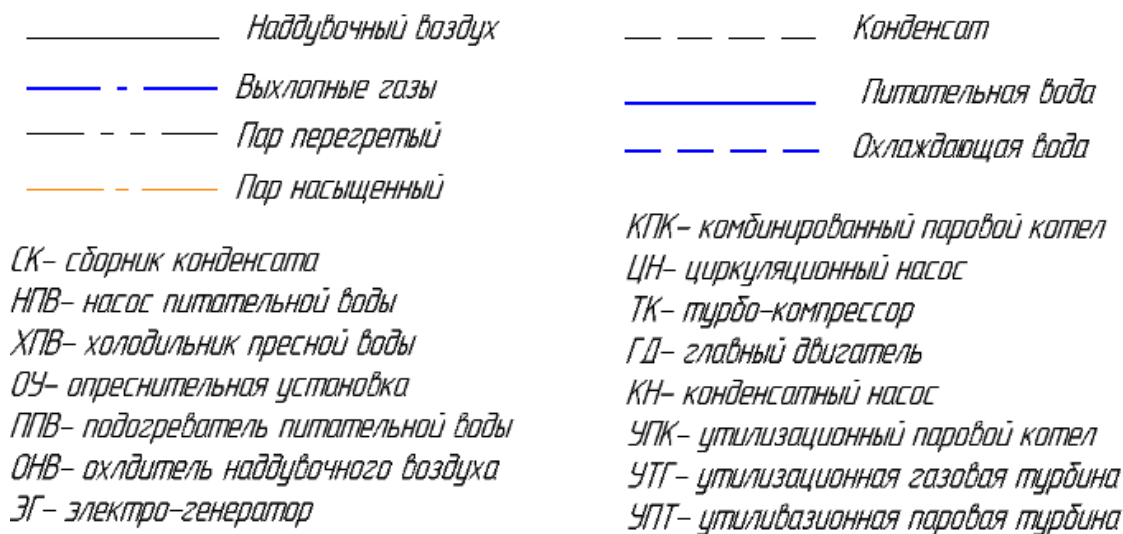


Рисунок 10 - Условные обозначения на схемах утилизации

Для двигателя MaK 7M43C оптимальной схемой утилизации является схема с УТГ (рисунок 5), характеризующаяся значением эффективного КПД установки 50,6 %, и требующая минимальных затрат на модернизацию, в частности по сравнению с использованием УПТ.

Выполненное исследование позволяет сделать вывод о возможности повышения топливной экономичности энергетической установки транспортного судна при эффективных значениях эксплуатационной мощности главного двигателя существенно меньших общепринятого экономического предела – 9000 кВт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коршунов, Л. П. Структурные схемы энергетических установок промысловых судов / Л.П. Коршунов. – Калининград: Кн. изд-во, 1995. – 199 с.
2. Бехрендт, Ц. Анализ термодинамического совершенства судовых энергетических установок / Ц. Бехрендт, А. В. Моторный. – Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2006. – 85 с.
3. www.caterpillar.com.

ENERGY SAVING SYSTEM FOR MAIN ENGINE OF SMALL CHEMICAL TANKER

A.R. Lubarskiy, student,
S.V. Yurkov, Associate Professor,
Kaliningrad State Technical University

Design of 15200 dwt chemical tanker. Analysis of load distributions for the elements of the power plant, based on information from ship's logbooks Substantiation of the optimal scheme for recovery of secondary energy resources of the main engine.

chemical tanker, waste heat recovery system, waste heat power turbine, waste heat steam turbine