УДК 621

*Тимофеев Виталий Никифорович,**д.т.н, доцент,**ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары**Timofeev Vitaly Nikiforovich,**Chuvash state University. I. N. Ulyanov, Cheboksary**Тихонов Николай Федорович,**ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары**Tikhonov Nikolay Fedorovich,**Chuvash state University. I. N. Ulyanov, Cheboksary*

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ УСТАНОВКА РЕЧНОГО СУДНА

ENERGY-SAVING SETTING OF THE BOAT

Аннотация: статья направлена на разработку экономичной энергосберегающей установки речного судна в целях обеспечения научного задела в этой важной области деятельности – судостроения.

Abstract: the article is aimed at the development of cost-effective energy-saving installation of a river vessel in order to provide scientific groundwork in this important field of activity – shipbuilding.

Ключевые слова: судовая энергетическая установка, абсорбционная холодильная машина, низкокипящее рабочее вещество, главный судовой котел, блок управления, теплоизолированная накопительная емкость.

Keywords: ship power plant, absorption refrigeration machine, low-boiling working substance, main ship boiler, control unit, heat-insulated storage tank.

Основные массовые потребители мировых запасов топлива и масел – двигатели внутреннего сгорания.

Вследствие этого проблема рационального и эффективного использования топливно-энергетических ресурсов на транспортных двигателях внутреннего сгорания является одной из важнейших.

В судовой энергетической установке основными элементами являются главный судовой дизель и вспомогательный дизель-генератор, которые обеспечивают заданную скорость хода судна, снабжают потребителей различными видами энергии, при этом процессы управления и регулирования должны быть автоматизированы, быть надежной, т.е. иметь оптимальную вероятность безотказной работы, требовать минимальное время на устранение неисправностей и сохранять работоспособность в аварийных ситуациях.

Кроме того, к сожалению, использование дизельных установок в судовой энергетической установке приводит к загрязнению окружающей среды. Только судовые, тепловозные и промышленные дизели выбрасывают в год не менее 3 млн.т. воздуха, загрязненного оксидами азота, серы и углерода, углеводородами и сажей.

При создании предлагаемой энергосберегающей установки проводился анализ существующих энергетических установок судов речного флота. Наиболее близким прототипом является энергетическая установка речного судна с использованием термоэлектрического генератора (ТЭГ). Этот генератор, установленный на выхлопной трубе, позволяет утилизировать тепловую энергию отработавших газов и вырабатывать электрическую энергию. Однако основным недостатком этого устройства является то, что ТЭГ обладает низким КПД (5%) [1]. Исходя из этого, нами разработана новая судовая энергосберегающая установка (СЭУ) с использованием теплового насоса [5], у которого (прибора) масса преимуществ перед прототипами [2], [4]. Основные из них следующие:

1. Экономичность, то есть сравнительно небольшое потребление электроэнергии, которое возможно благодаря очень высокому КПД, что позволяет получать от 3 до 8 кВт тепловой энергии всего лишь на 1 кВт мощности;

2. Безопасность использования. Тепловой насос не выделяет сажи, выхлопа, отсутствует открытое пламя, не может быть никакой утечки газа, разлива мазута, запаха солянки. Все это создает благоприятные условия применения данного устройства. Из этого вытекает экологичность теплового насоса. С помощью него сохраняются невозобновляемые энергоресурсы и защищается окружающая среда, т.к. выбросы CO₂ в атмосферу значительно сокращаются. При использовании потенциальной тепловой энергии для окружающей среды применяется до 2 раз меньше первичной энергии, чем во время сжигания топлива;

3. Комфортная работа прибора. Насос функционирует бесшумно, уж точно не громче холодильника. Наличие многозонального климатического контроля и погодозависимой автоматики расширяет возможности этого прибора;

4. Надежность. Тепловой насос не зависит от перебоев электроэнергии, поставки топлива и его качества, в его устройстве насчитывается не так уж и много подвижных частей;

5. Универсальность. Вид используемой энергии может быть тепловой или электрической; Совместимость теплового насоса с любой циркуляционной системой. Благодаря современному дизайну он может устанавливаться в машинном отделении судна.

6. Долговечность. Срок службы аппарата достигает 20-25 лет. При потреблении всего лишь 1 кВт электроэнергии тепловой насос «добывает» 3 кВт энергии из окружающей среды.

На рис. 1 представлена схема судовой энергетической установки (СЭУ), которая содержит: главный судовой дизель 1; утилизационный котел (УК) 2; испаритель 3; абсорбционную холодильную машину (АБХМ) 4; турбину 5; генератор 6; пароперегреватель 7; холодильник 8; потребитель холода 9; датчики температуры (ДТ) 10, 26; теплоизолированную накопительную емкость (ТНЕ) 11; электронные четырехходовые краны 12, 13, 14; электронные трехходовые краны 15, 16, 28; трехходовые краны 17, 29; конденсатор 18; электрические насосы 19, 27; дроссель 20; главный судовой котел (ГСК) 21, дизель-генератор (поз. 22, 23); клинкет 24; вентиль 25; блок управления (БУ) 30; распределитель электроэнергии (главный распределительный щит) 31; блок сравнения (БС) 32, 33; задатчики 34, 35; переключатели режимов: 36 – переключатель режима СЭУ от дизель-генератора (поз. 22, 23), 37 – переключатель режима СЭУ от главного судового дизеля 1, 38 – переключатель режима СЭУ от ГСК 21; невозвратный клапан 39.

Электронные трехходовые краны (ЭТК) 15, 16, 28 выполняются согласно патенту № 22709223 [3], а электронные четырехходовые краны (ЭЧК) 12, 13, 14 – по патенту № 2253024 [4].

Теплоноситель с температурой 95-98 °С для испарения низкокипящего вещества циркулирует по замкнутому контуру, который в зависимости от режимов работы судовой дизельной установки и его температуры поступает из УК 2, ТНЕ 11 и ГСК 25.

При длительной остановке главного судового дизеля 1 в осенне-зимнее время работает ГСК 21 и соответственно предлагаемая СЭУ работает от ГСК 21.

В летнее время, когда ГСК 21 не работает, электроэнергию вырабатывает дизель – генератор (поз. 22, 23).

При нерабочем состоянии главного судового дизеля 1 АБХМ 4 работает от ГСК 21. Циркуляционный насос расположен в ГСК 21.

Рисунок 1 – Схема энергосберегающей установки: 1 – главный судовой дизель; 2 – утилизационный котел (УК); 3 – испаритель; 4 – абсорбционная холодильная машина (АБХМ); 5 – турбина; 6 – генератор; 7 – пароперегреватель; 8 – холодильник; 9 – потребитель холода; 10, 16 – датчики температуры (ДТ); 11 – теплоизолированная накопительная емкость (ТНЕ); 12, 13, 14 – электронные четырехходовые краны; 15, 16, 28 – электронные трехходовые краны; 17, 29 – трехходовые краны; 18 – конденсатор; 19, 27 – электрические насосы; 20 – дроссель; 21 – главный судовой котел (ГСК); 22, 23 – дизель-генератор; 24 – клинкет; 25 – вентиль; 30 – блок управления (БУ); 31 – распределитель электроэнергии (главный распределительный щит); 32, 33 – блок сравнения (БС); 34, 35 – задатчики; переключатели режимов: 36 – переключатель режима СЭУ от дизель-генератора (поз. 22, 23), 37 – переключатель режима СЭУ от главного судового дизеля, 38 – переключатель режима СЭУ от ГСК; 39 – невозвратный клапан.

Судовая энергосберегающая установка работает следующим образом.

1. Пусть судно эксплуатируется в летнее время, стоит на якоре, или у причала, соответственно ГСК 21 находится в нерабочем состоянии, судовую электроэнергию вырабатывает дизель-генератор (поз. 26, 27). $T_{3,в} \geq 8^{\circ}\text{C}$. При этом переключатель режима 36 находится в подключенном состоянии, электроэнергия, полученная в дизель-генераторе (поз. 22, 23) поступает в блок управления 30, который подает электроэнергию в распределитель электроэнергии 31 и все судовые электропотребители находятся в подключенном состоянии, а СЭУ находится в нерабочем состоянии.

2. Пусть главный судовой дизель 1 приводится в действие – запускается. После пуска главного судового дизеля 1 начинает работать заявляемая энергосберегающая установка, в том числе утилизационный котел 2, при этом открывается вентиль 25. При достижении температуры теплоносителя утилизационного котла 2, например $T_t \geq 85^{\circ}\text{C}$ происходит переключение режима 36 на режим 37 и предлагаемая СЭУ начинает работать. При этом датчик температуры 10 подает сигнал в БС 32, куда одновременно поступает сигнал от задатчика 34, а обработанный сигнал подается в БУ 30, который подает электроэнергию и начинают работать электрические насосы 19, 27 и ЭЧК 12, 13, 14 и ЭТК 15, 16, 28. При этом ЭЧК 12, ЭЧК 13, ЭЧК 14, ЭТК 15, ЭТК 28 осуществляют электрическим путем открытие и закрытие своих каналов.

В УК 2 происходит нагрев теплоносителя до определенной температуры, например, до $95-98^{\circ}\text{C}$, и его передача через ЭЧК 12, ЭЧК 13, испаритель 3 и его возвращение в УК 2, при этом его температура контролируется ДТ 10, циркуляционный насос контура на фиг. 1 не показан, который расположен в УК 2.

Другая часть теплоносителя от УК 2 через ЭЧК 12 поступает в ТНЕ 11 и после теплообмена через ЭТК 15 возвращается в УК 2, а по каналам поступает в АБХМ 4 и отработанный теплоноситель через ЭТК 15 возвращается в УК 2.

В теплоизолированной накопительной емкости 11 во время работы главного судового дизеля 1 поддерживается $95-98^{\circ}\text{C}$.

Забортная вода из клинкета 24 через вентиль 25 и ДТ 26 поступает в циркуляционный насос 27, а затем поступает в ЭТК 28. При этом, если $T_{3,в} \geq 8^{\circ}\text{C}$ в БС 33 происходит обработка сигналов, поступающих от ДТ 26 и задатчика 35. Сигнал рассогласования из БС 33 поступает в БУ 30, который подает электроэнергию в ЭТК 28, а он забортную воду подает в холодильник 8, куда одновременно поступает хладоноситель от АБХМ 4, где в результате теплообмена забортная вода охлаждается до заданного значения $T_{3,в} \leq 8^{\circ}\text{C}$ и охлажденная забортная вода поступает в конденсатор 18. Циркуляционный насос хладоносителя не показан, он находится в АБХМ 4. Одновременно в конденсатор 18 поступает отработанный пар низкокипящего вещества из турбины 5. При этом забортная вода в результате теплообмена в конденсаторе 18 отбирает теплоту от отработанного пара, который превращается в жидкость, а забортная вода по каналу поступает в трехходовой кран 29, который направляет к судовым потребителям, например на камбуз и т.п., а другая часть по каналу 68 сливается за борт.

АБХМ 4 во время работы главного судового дизеля 1 работает от теплоносителя УК 2 согласно патенту № 2466289, теплоноситель циркулирует по замкнутому контуру, при этом теплоноситель от УК 2 через ЭЧК 12 поступает в АБХМ 4. Отработанный теплоноситель через канал 49, ЭТК 15 возвращается в УК 2.

Низкокипящее рабочее вещество (НРВ), как уже было отмечено выше, в результате теплообмена забортной водой с температурой $T_{3,в} \leq 8^{\circ}\text{C}$, в конденсаторе превращается в жидкость, которая поступает в циркуляционный насос 19, который повышает давление низкокипящего вещества. Далее проходит дроссель 20, где начинается кипение и парообразование и в полужидком состоянии по каналу 74 поступает в испаритель 3. Одновременно в испаритель 3 поступает теплоноситель с температурой $T_t \geq 95^{\circ}\text{C}$, при этом в результате теплообмена НРВ испаряется. Таким образом, обеспечивается разница температур испарения и конденсации НРВ, что позволяет преобразовать тепловую энергию ОГ с КПД более 10 %. Выходя из испарителя полученный пар НРВ проходит пароперегреватель 7, установленный на канале отработавших газов, где увеличивается его

температура и давление, а далее поступает в турбину 5 и совершает работу, вал которой связан с генератором 6. Выработанная электроэнергия поступает в БУ 30, а затем - в распределитель электроэнергии 31. А отработанный пар по каналу 71 поступает в конденсатор и цикл повторяется.

При снижении температуры теплоносителя в УК 2 $T_{\text{г}} \leq 85$ °С во время выполнения судном маневров: при подходе к причалам, перестановке барж под погрузку и выгрузку, кратковременных остановках и т.п. сигнал от ДТ 10 поступает в БС 32, куда одновременно поступает сигнал от задатчика 34. При этом сигнал рассогласования поступает в БУ 30, который подает электроэнергию на ЭЧК 12, ЭТК 16, которые открывают свои каналы. Теплоносителя циркулирует через ТНЕ 11, ЭТК 16, ЭЧК 12, ЭЧК 13, испаритель 3, ЭЧК 14 и возвращается в ТНЕ 11. Циркуляционный насос не показан, находится в ТНЕ 11.

3. Судно эксплуатируется в осенне-зимнее время. $T_{\text{з.в}} \leq 8$ °С, СЭУ переключается на режим 38, при этом сигнал от ДТ 26 подается в БС 33, куда подается сигнал от задатчика 35, при этом сигнал рассогласования подается в БУ 30, который подачей электроэнергии на ЭТК 28, заборную воду подает в конденсатор 18 и аналогично по вышеописанному алгоритму производится работа данной установки.

4. Судно на длительное время становится на якорь, например в ожидании выгрузки. При этом в зависимости от времени года эксплуатации может быть выполнены два варианта.

1 вариант. Судно эксплуатируется в летнее время, ГСК 21 находится в выключенном состоянии. В этом случае останавливается главный судовый дизель и одновременно нажатием на переключатель 36 подается сигнал на дизель-генератор (поз. 22, 23) и запускается. Начинается выработка электроэнергии, которая подается в БУ 30, а затем в распределитель электроэнергии 31 для питания судовых потребителей.

2 вариант. Судно эксплуатируется в осенне-зимнее время, ГСК 21 находится в рабочем состоянии. При этом заявляемая СЭУ после остановки дизеля 1 будет находиться в рабочем состоянии и соответственно БУ 30 подачей электроэнергии на ЧХК 12, 13, 14 приводится в рабочее состояние и теплоноситель от ГСК 21 поступает в СЭУ. ЧХК 14 ЭЧК 12; ЭЧК 13 закрывают открывают свои каналы. Тогда теплоноситель из ГСК 21, ЭЧК 13, испаритель 3, ЭЧК 14 возвращается в ГСК 21. Одновременно теплоноситель поступает в АБХМ 4, через ЭТК 15 возвращается в ГСК 21. Циркуляционный насос находится в ГСК 21. Далее предлагаемая энергосберегающая установка работает по вышеуказанному алгоритму.

Таким образом, предлагаемая судовая энергосберегающая установка рейдовых и портовых судов, работающих постоянно на переменных нагрузках утилизируя тепловую энергию отработавших газов главного судового дизеля и главного судового котла позволяет выработать электроэнергию и обеспечить требуемой электроэнергией без использования дизель-генератора и валогенератора, что позволит увеличить топливную экономичность судовой энергетической установки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент № 96550 Россия, МПК В63Н 23/24, F24J 2/00. Судовая электроэнергетическая установка / Тимофеев В.Н., Тимофеев Д.В. Опубл. 10.08.2010 в БИ № 22.
2. Патент № 2184873, F03G6/00. Силовая установка на солнечной энергии / Исачкин А.Ф. Опубл. в БИ 10.07.2002.
3. Патент № 22709223. Россия, МПК F01P 7/16. Электрический термостат / Тимофеев В.Н., Кузин Н.П., Краснов А.Н. Опубл. 27.02.06. Бюл. №6.
4. Патент № 2253024 Россия, МПК F 01 P 7/14, 3/20. Устройство для регулирования рабочей температуры охлаждающей жидкости двигателя внутреннего сгорания / Тимофеев В.Н., Поздеев А.М., Тимакова Л.В.. Опубл. в БИ № 15 27.05. 2005.