

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СУДОВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

OPERATION OF SHIP POWER EQUIPMENT

УДК 621.4

DOI: 10.37890/jwt.vi71.263

Котел-утилизатор в составе многоцелевого испытательного стенда на базе двигателя 2Ч 10.5/13

О.П. Шураев¹

Д.И. Бевза¹

¹*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

Аннотация. Рассматриваются вопросы разработки и создания многоцелевого стенда на базе двигателя 2Ч 10.5/13. Основными направлениями экспериментальных исследований на данном стенде названы: утилизация теплоты отработавших газов, способы снижения выбросов вредных веществ с отработавшими газами двигателей, оптимизация параметров систем двигателя, применение различных топлив в ДВС, включая водотопливные эмульсии и биотопливо, контроль рабочего процесса в цилиндре и измерение крутящего момента. Подчеркивается, что указанными направлениями не исчерпываются возможности стенда. Рассмотрены мероприятия по модернизации систем двигателя и стенда: воздухоподогревателя и газовойпускной, топливной и охлаждения. Показано, что для контроля параметров стенда необходим измерительный комплекс, позволяющий непрерывно измерять большое количество параметров, выполнять их обработку, отображение, архивацию и передачу на компьютер, управляющий работой стенда.

Ключевые слова: Испытания двигателей, котел-утилизатор, экспериментальные исследования, системы двигателя, теплотехнические измерения

A heat recovery boiler as part of a multi-purpose research bench based on an engine 2CH 10.5/13

Oleg P. Shurayev¹

Denis I. Bevza¹

¹*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

Abstract. The issues of the development and creation of a multi-purpose stand based on the 2CH 10.5/13 engine are considered. The main areas of experimental research using this stand are: utilization of exhaust gas heat, ways to reduce emissions of harmful substances from the engine exhaust gases, optimization of the engine system parameters, the use of various fuels in internal combustion engines, including water-fuel emulsions and biofuels, control of the working process in the cylinder and torque measurement. It is emphasized that these directions are not the only possible ways to use this stand. The modernization of the engine systems and the stand is considered: air supply and gas outlet, fuel and cooling. It is shown that in order to control the parameters of the stand, a measuring complex is needed allowing continuous measuring of parameters, performing their processing, displaying, archiving and transferring to a computer that controls the stand operation.

Keywords: Engine tests, heat recovery boiler, experimental studies, engine systems, thermal measurements.

Введение

Исследования в области эксплуатации судовых энергетических установок требуют выполнения натуральных экспериментов на работающем оборудовании, в частности, на двигателях внутреннего сгорания. Кафедра эксплуатации судовых энергетических установок (ЭСЭУ) ФГБОУ ВО «ВГУВТ» имеет достаточно большой парк двигателей мощностью от 14 до 485 кВт. Однако с экономической точки зрения достаточно мощные и трудоемкие в обслуживании двигатели 6NVD48AU и 6L275 RrII/PN использовать для проведения исследований не всегда целесообразно. Значительный объем НИОКР может быть выполнен с использованием двигателей меньшей мощности и, соответственно, с меньшим расходом топлива. Например, в ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова для создания испытательных стендов [1, 2] использованы: двигатель 3 VD 14.5/12 мощностью 38 кВт, двигатель 2Ч11/13 мощностью 18,5 кВт и двигатель 4Ч8,5/11 мощностью 12,6 кВт, а в Астраханском государственном техническом университете для тех же задач [3] предполагается использовать двигатель Iveco 8041I06 55 R900 мощностью 36 кВт. По этой причине возникла задача создания многоцелевого испытательного стенда (МИС) на базе двигателя небольшой мощности, который бы обеспечил возможность проведения экспериментальных исследований по целому ряду направлений (рис. 1). К числу основных относятся: утилизация теплоты отработавших газов (охлаждающей воды, масла) двигателя; снижение выбросов вредных веществ в атмосферу и дымности отработавших газов двигателя; оптимизация параметров работы систем охлаждения и смазывания двигателя; вопросы измерения крутящего момента двигателя и исследования его рабочего процесса; исследование влияния на рабочий процесс различных сортов топлива, присадок к ним, а также водотопливных эмульсий и альтернативных видов топлива.



Рис. 1. Исследовательский потенциал многоцелевого испытательного стенда

Кроме того, для удобства проведения экспериментов и надежного документирования их результатов ставилась задача оснащения испытательного стенда современным комплексом мониторинга и архивирования параметров работы основных его элементов.

Модернизация двигателя

Основой МИС стал дизель 2Ч 10.5/13 [4] Мелитопольского моторного завода (рис. 2). Несмотря на возраст, выбранный двигатель оказался вполне работоспособным и подходящим под требования поставленной задачи. Среди достоинств данного двигателя - небольшая мощность, а, следовательно, незначительный часовой расход топлива. Благодаря скромным массогабаритным показателям отдельных элементов, возможно быстро и нетрудоемко, без привлечения грузоподъемного оборудования, выполнять их обслуживание и замену. Возможность регулировки параметров топливоподачи по каждому отдельному цилиндру из-за наличия индивидуальных топливных насосов высокого давления явилась дополнительным преимуществом указанного дизеля. Основные его характеристики представлены в таблице 1.

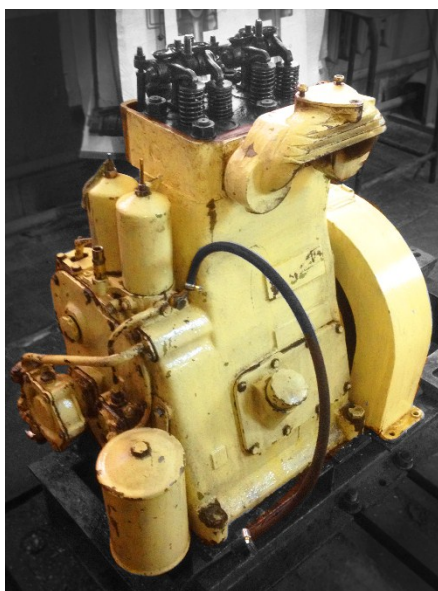


Рис. 2. Исходное состояние дизеля 2Ч 10.5/13

Таблица 1

Основные технические характеристики дизеля 2Ч 10.5/13

Тип	4-х тактный, с водяным охлаждением, без наддува
Мощность, кВт	14.7
Частота вращения коленчатого вала, об/мин	1500
Число цилиндров	2
Диаметр цилиндра, мм	105
Ход поршня, мм	130
Удельный расход топлива, г/(кВт·ч)	295

Ввиду значительного возраста двигателя, сказавшегося на состоянии некоторых его механизмов, узлов и деталей, был произведен ряд восстановительных работ. Были выполнены: переборка дизеля с заменой вышедших из строя элементов; восстановление системы смазывания; монтаж систем охлаждения и топливоподачи; настройка топливной аппаратуры и регулировка фаз газораспределения. Кроме того, была частично восстановлена штатная контрольно-измерительная система благодаря установке манометров на водяную и масляную магистрали.

Для возможности осуществления исследовательских задач были доработаны еще некоторые элементы выбранного двигателя. Конструкция оригинальной крышки цилиндра дизеля 2Ч 10.5/13 не предусматривает индикаторных кранов. По этой причине она была заменена на аналогичную крышку от двигателя 4Ч 10.5/13, в которой предусмотрены отверстия для свечей накаливания. Резьба в этих отверстиях совпадает с резьбой на установочных патрубках индикаторных кранов. Монтаж индикаторных кранов позволил в ходе настройки топливной аппаратуры дизеля провести индицирование рабочего процесса в его цилиндрах электронным индикатором DEPAS Handy [5] и, проанализировав полученные диаграммы, выполнить регулировку цикловой подачи и угла опережения подачи топлива с учетом особенностей данного двигателя. Однако отсутствие свечей накаливания в отверстиях установленной крышки привело к увеличению объема камер сгорания и, соответственно, снижению степени сжатия. По результатам расчета выяснилось, что степень сжатия уменьшилась с 17.5...18 до 13.5, вызвав падение температуры конца такта сжатия с 530...545 до 415...430°C. Для холодного двигателя эта температура будет еще ниже. Таким образом, температура в конце такта сжатия оказалась недостаточной для запуска двигателя.

Для исправления сложившейся ситуации было решено организовать систему предпускового подогрева воздуха, поступающего в цилиндры. Была переработана конструкция воздушного коллектора (рис. 3). Через входной патрубок 1 воздух поступает к нагревательным элементам камеры 2, которые представляют собой спираль накаливания мощностью 1600 Вт. Нагретый воздух посредством двух осевых вентиляторов 3, размещаемых между элементами 1 и 2, подается в цилиндры двигателя.

Для замеров расхода воздуха, поступающего в двигатель, во входном патрубке предусмотрен паз для анемометра, в отсутствие которого закрывающийся специальной заглушкой.

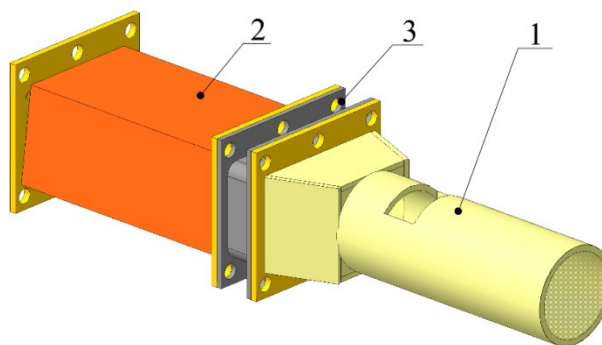


Рис. 3. Конструкция впускного воздушного коллектора: 1 – воздушный патрубок; 2 – камера предпускового подогрева воздуха; 3 – вентилятор

Но выполненные расчеты показали, что в этих условиях для надежного запуска двигателя подаваемый воздух пришлось бы нагревать до величины порядка 120°C. Для снижения этого значения до 45-60°C в образовавшийся индикаторный канал были установлены втулки-вытеснители с осевым отверстием. Это позволило увеличить степень сжатия с 13.5 до 14.5, тем самым сократив продолжительность предпускового прогрева.

Котел-утилизатор

Одним из направлений, развиваемых на кафедре ЭСЭУ в течение длительного времени, является совершенствование теплообменного оборудования. Совместно со специалистами ООО «Гидротермаль» была разработана принципиальная схема компактного котла-утилизатора. На кафедре ЭСЭУ был выполнен тепловой расчет опытного котла-утилизатора и проведено компьютерное моделирование движения газа в CFD-пакете Flow Vision [6, 7]. Опираясь на параметры отработавших газов в выпускном коллекторе экспериментального дизеля, был спроектирован и изготовлен натуральный образец котла-утилизатора (рис. 4, а). Котел-утилизатор состоит из отдельных – теплообменной и перепускной – частей, основные элементы которых представлены на рисунках 4б и 4в соответственно.

Реализуемая в настоящее время программа исследований в области утилизации теплоты отработавших газов дизеля включает, в первую очередь, проверку результатов численного моделирования движения газов и теплообмена в каналах котла-утилизатора указанной конструкции. Данные испытания позволят сделать вывод о соответствии разработанной численной модели и полученного решения реальным физическим процессам, а также откорректировать математическую модель теплового расчета подобного котла-утилизатора, завершив ее разработку.

Кроме того, планируется серия самостоятельных экспериментов по определению влияния на тепловую и газодинамическую эффективность котла-утилизатора и на процессы, протекающие в его каналах, геометрических характеристик теплообменной секции котла-утилизатора, формы и положения его входного и выходного патрубков, положения регулирующего органа (газовой заслонки). По этой причине опытный образец котла-утилизатора обладает рядом конструктивных особенностей, заложенных на этапе проектирования.

Максимальная разборность опытного образца котла-утилизатора является одной из основных особенностей аппарата. Помимо разъемности перепускной и теплообменной частей, входной и выходной патрубки выполнены разъемными относительно корпуса перепускной части котла-утилизатора; элементы входного патрубка тоже представляют собой разъемную конструкцию. Теплообменная часть также разборная и состоит из корпуса, теплообменной секции и передней водяной камеры.

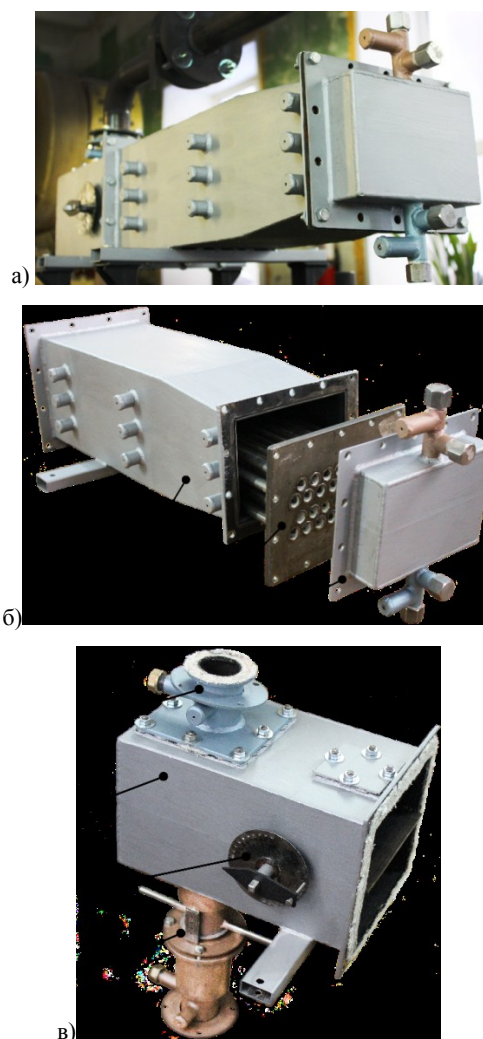


Рис. 4. Конструкция опытного образца компактного котла-утилизатора: а) опытный образец компактного котла-утилизатора в сборе; б) теплообменная часть опытного образца компактного котла-утилизатора: 1 – передняя водяная камера; 2 – теплообменная секция; 3 – корпус теплообменной секции; в) перепускная часть опытного образца компактного котла-утилизатора: 1 – входной патрубок; 2 – устройство регулирования положения газовой заслонки; 3 – корпус перепускной части; 4 – выходной патрубок

Предусмотрены 4 типоразмера теплообменных секций котла-утилизатора (рис. 5, а), отличающихся количеством трубок и их длиной, а также 2 типоразмера корпуса (рис. 5, б) под них.

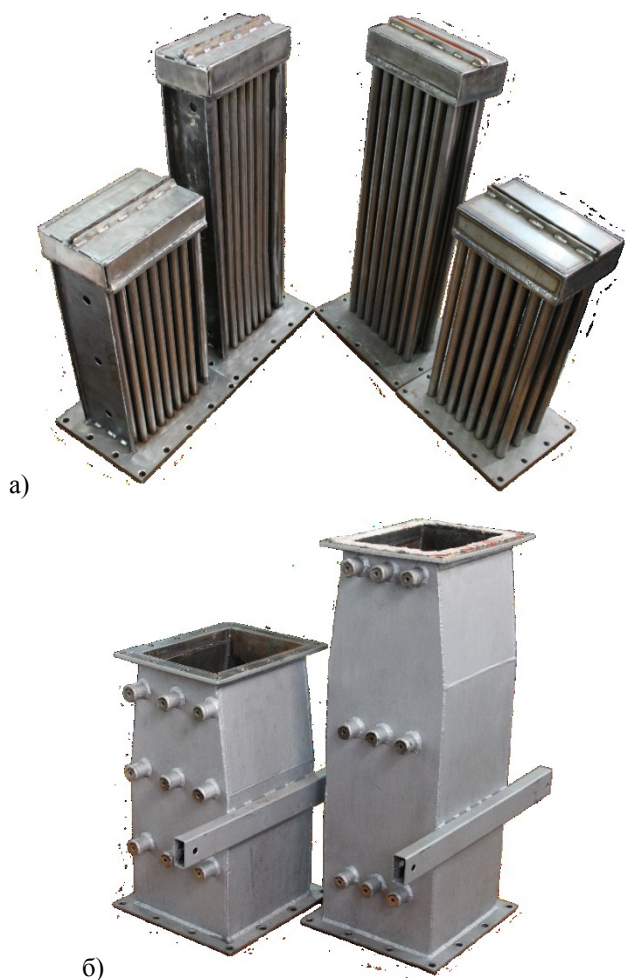


Рис. 5. Элементы теплообменной части опытного образца компактного котла-утилизатора: а) теплообменные секции 4-х типоразмеров; б) корпуса теплообменных секций 2-х типоразмеров

Газовая заслонка имеет возможность регулирования проходного сечения проточной части котла-утилизатора по установленному соосно указателю угла поворота заслонки. Тем самым изменяется расход газов через теплообменную секцию.

Технические характеристики опытного образца компактного котла-утилизатора представлены в таблице 2.

Таблица 2

Технические характеристики опытного образца компактного котла-утилизатора

Параметр	Значение
Расчетный массовый расход отработавших газов, кг/с	0,027
Расчетный массовый расход охлаждающей жидкости, кг/с	0,347
Температура отработавших газов на входе, °С	400
Расчетный передаваемый тепловой поток, кВт	6

Площадь теплообменной поверхности секций, м ²	0,754	0,753	0,735	0,753
Масса (нетто), кг	42,2	39,4	42,7	39,7
Объем межтрубного пространства, м ³ *10 ⁻³	28,28	22,817	28,12	22,681
Объем внутритрубного пространства, м ³ *10 ⁻³	4,682	4,982	3,838	4,182

Газовыпускная система

Под параметры выбранного дизеля и спроектированного опытного образца котла-утилизатора была разработана и изготовлена система газовойпуска (рис. 6). Поскольку стенд изначально задумывался как многоцелевой, то и при проектировании газохода была выбрана разветвленная схема, позволяющая задействовать в экспериментах необходимые пути газовойпуска. Так, например, несмотря на то, что котел-утилизатор имеет собственный байпасный канал, дополнительно изготовлен обводной газоход, идущий помимо котла-утилизатора. Он будет задействован в тех экспериментах, где поток газов от двигателя является объектом изучения (например, в случае анализа состава отработавших газов) или поставщиком теплоты (например, для термического обезвреживания нефтесодержащих вод).

В итоге, газовыпускная система включает газоход от двигателя, разветвляющийся на байпасный ход 1 и ход через котел-утилизатор 2. Направление движения отработавших газов задает ряд газовых межфланцевых заслонок 3. Для измерения температуры, давления, состава отработавших газов и дымности, а также возможности выполнения прочих исследовательских задач (например, состава отработавших газов при работе двигателя на различных видах и сортах топлива и т.д.) газовыпускная система содержит ряд штуцеров 4, размещенных в различных точках газоходов.

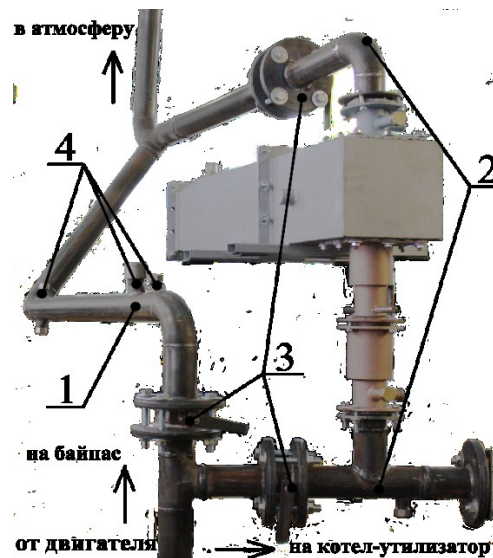


Рис. 6. Внешний вид системы газовойпуска

Наличие котла-утилизатора в системе газовойпуска потребовало создания несущей металлоконструкции для его надежного крепления, а также удобного обслуживания.

Была разработана и изготовлена рама, воспринимающая вес котла-утилизатора и, частично, вес газохода.

Системы двигателя и стенда

Помимо газовыпускной системы и системы подачи нагретого воздуха в цилиндры двигателя были разработаны и смонтированы система топливоподачи, система подачи охлаждающей воды в двигатель (система охлаждения двигателя) и нагреваемой воды в котел-утилизатор (рис. 7).

Практически всегда при проведении экспериментов на двигателе исследователя интересует расход топлива. Разработанная для стенда система топливоподачи позволяет проводить измерения расхода топлива как массовым, так и объемным способом. Для этого перед пуском двигателя Д его топливный фильтр, топливопровод и топливные насосы высокого давления заполняются или топливоподкачивающим насосом НТП из мерного топливного бака, или самотеком из подпорной емкости БТП небольшого объема, расположенной выше уровня топливных насосов. Заполнение мерного топливного бака происходит также через подпорную емкость БТП. Краны КП13 – КП16 позволяют настроить систему на работу в нужном направлении. Для проведения обслуживания или ремонта системы вышеупомянутая арматура дополнена двумя кранами КП17 и КП18, расположенными на стороне топливоподготовки и двигателя соответственно. Для очистки топлива перед топливоподкачивающим насосом НТП в топливопровод вмонтирован фильтр предварительной очистки ФТ.

Для обеспечения автономности работы стенда система охлаждения двигателя выполнена объединенной с системой утилизации теплоты в котле-утилизаторе. Кроме того, учитывая непостоянный характер работы двигателя, система охлаждения выполнена одноконтурной, с запасом воды в циркуляционном баке объемом 1 м³. По нашим оценкам, такого запаса воды достаточно для работы дизеля с котлом-утилизатором в течение 1...1.5 часов, а без котла-утилизатора до 3 часов. Для большинства экспериментов этого вполне достаточно.

При работе дизеля Д охлаждающая вода из циркуляционного бака через фильтр ФГ1 поступает в полости охлаждения двигателя посредством навешенного на него циркуляционного насоса НЦ. Из двигателя вода движется к котлу-утилизатору, проходя повторную очистку в фильтре ФГ2. Подогретая в котле-утилизаторе, она направляется или обратно в циркуляционный бак, замыкая водяной контур, или сливается в накопительный бак. Заполнение системы водой осуществляется или из накопительного бака, или из санитарной системы здания лаборатории. Для возможности обслуживания отдельных элементов система охлаждения оснащена запорной арматурой КП1–КП12. Визуальный контроль за параметрами работы системы осуществляется с помощью манометра М после циркуляционного насоса НЦ и расходомером РВ после котла-утилизатора, а также путем установки прозрачных вставок из силиконового шланга.

Измерительный комплекс

Для измерения, отображения и записи параметров работы двигателя, котла-утилизатора и других исследуемых объектов на стенде создается система мониторинга. Она включает в себя следующие компоненты:

В качестве датчиков температуры выступают термодпары типа К. Они измеряют температуру воды до и после двигателя (ТП1, ТП2), а также на входе и выходе котла-утилизатора (ТП3, ТП13); нагретого воздуха в воздушных коллекторах перед каждым цилиндром двигателя (ТП17, ТП18); топлива в топливном баке (ТП19); отработавших

газов на входе и выходе котла-утилизатора (ТП14, ТП15), и в 9-ти точках диаметрального сечения теплообменной секции котла-утилизатора (ТП4-ТП12), после двигателя (ТП16) и на различных участках газохода (на измерительных штуцерах Ш1-Ш4).

Для измерения давления воды в системе охлаждения двигателя используются датчики избыточного давления, а для определения перепада давления на входе и выходе котла-утилизатора - дифференциальные датчики давления.

Частота вращения коленчатого вала измеряется посредством оптических датчиков, а тензодатчики (тензорезисторы) являются основой устройства измерения расхода топлива.

Расход воды, проходящей через двигатель и котел-утилизатор, измеряет водомерный счетчик ВСКМ 90-15 ДГ «Атлант» с возможностью дистанционного съема показаний.

Сигнал от датчиков оцифровывается либо в специальных АЦП, часто скомпонованных в многоканальные блоки, либо непосредственно микроконтроллерами в блоках БРИЗ, где осуществляется сбор данных, их синхронизация и запись на карту памяти.

На базе контроллера можно построить весьма развитую систему мониторинга параметров судового оборудования [8], но полнофункциональным стенд будет лишь тогда, когда информация с контроллеров будет поступать на компьютер, где предусматривается их комплексная обработка. В перспективе такой компьютер может стать центром управления стендом.

Помимо штатных измерительных устройств стенд дополняется переносными средствами измерения. В частности, к ним относятся газоанализаторы ДАГ-510 МВ и АГМ-510 МВ, позволяющие вести запись состава отработавших газов в автоматическом режиме, и дымомеры МЕТА-01МП. Для забора газовой пробы предусмотрены штуцеры в нескольких точках газохода.

Замер расхода воздуха осуществляется портативным анемометром X-Line AeroTemp или аналогичным ему, устанавливаемым, при необходимости, в специальное прямоугольное отверстие в воздушном патрубке впускного воздушного коллектора (см. рис. 3).

Контроль параметров работы двигателя выполняется либо с помощью максиметра, либо с помощью электронного индикатора DEPAS Handy.

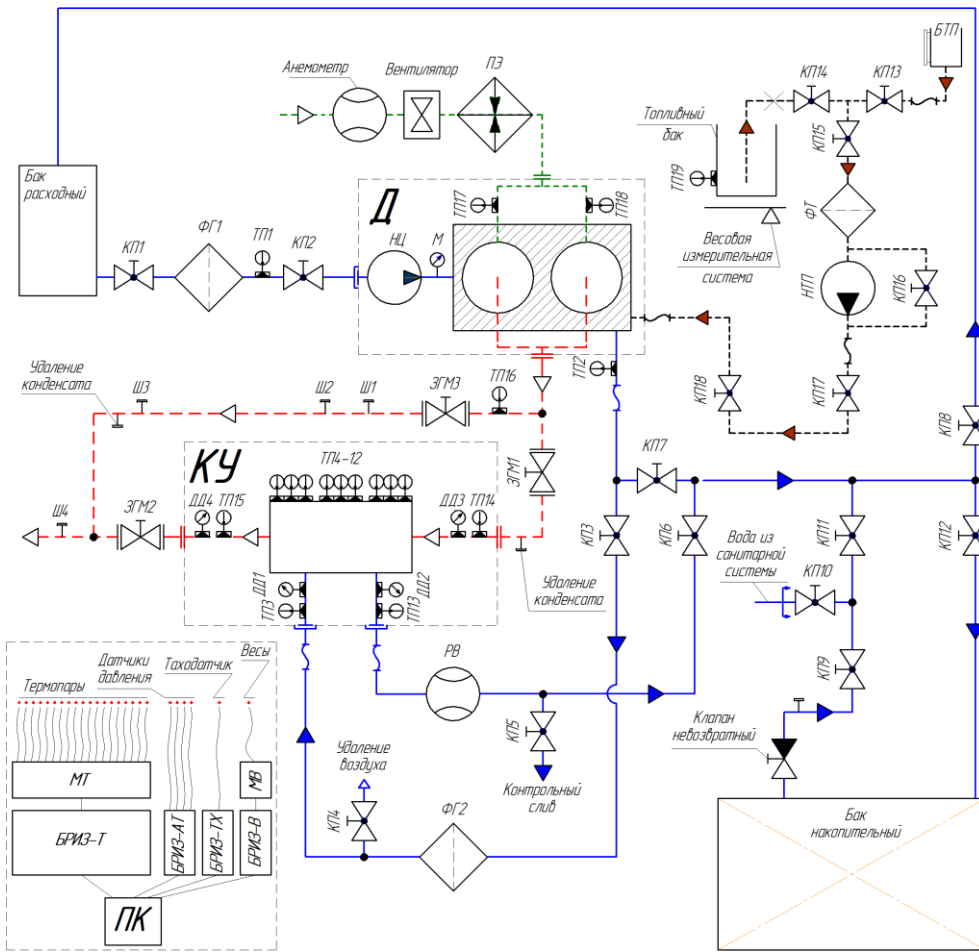


Рис. 7. Принципиальная схема многоцелевого испытательного стенда:

Д – дизель; КУ – котел-утилизатор; ПК – персональный компьютер; ПЭ – подогреватель электрический; НЦ – насос циркуляционный; НТП –насос топливподкачивающий; БТП – бак топливный подпорный; ФГ – фильтр топливный; ФГ1-ФГ2 – фильтр-грязевик; ЗГМ1-ЗГМ3 – заслонка газовая межфланцевая; КП1-КП18 – кран проходной; Ш1-Ш4 – штуцер; РВ – расходомер водяной; М – манометр; ТП1-ТП19 – термopapa; ДД1-ДД4 – датчик давления; МТ – модуль термометрии; МВ – модуль весометрии; БРИЗ-Т – блок регистрации измерений термометрии; БРИЗ-АТ – блок регистрации измерений манометрии; БРИЗ-ТХ – блок регистрации измерений тахометрии; БРИЗ-В – блок регистрации весовых измерений

Выводы

Разработанный МИС является компактным, современным, простым, удобным и незатратным в обслуживании испытательным стендом. На данный момент степень его готовности и оснащения позволяет проводить исследования почти по всем направлениям, оговоренным в начале статьи (см. рис. 1). Для окончательного решения поставленной задачи и для возможности проведения испытаний на заданном, устойчивом режиме работы двигателя необходимо создание нагрузочного устройства. В нашем случае этим устройством будет гидротормоз.

Потенциал МИС, очевидно, способен добавить к обозначенному кругу исследуемых вопросов возможность решения на стенде еще ряда задач в области эксплуатации судовых энергетических установок.

Список литературы

1. Макарьев Е. В. Стенд для теплосбалансных испытаний судовых ДВС. Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. 2014. № 5 (27). С. 12-19.
2. Безюков, О. К. Стенды, программы и методики для испытаний высокооборотных судовых дизелей / О. К. Безюков, Е. В. Макарьев, М. М. Махфуд // Сборник научных трудов профессорско-преподавательского состава Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова: сборник научных статей, Санкт-Петербург, 01 апреля – 20 октября 2017 года. – Санкт-Петербург: ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова», 2017. – С. 32-40. – EDN ZXDWVZ.
3. Покусаев, М. Н. Установка для испытания двигателя с энергоэффективной системой охлаждения / М. Н. Покусаев, А. В. Грифонов, В. А. Костыренко // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2021. – № 1(71). – С. 15-21. – DOI 10.24143/1812-9498-2021-1-15-21.
4. Вайнер М. А., Стационарные двигатели и дизель-генераторы 1Ч-2Ч 10,5/13-2, 1ЧА-2ЧА 10,5/13-2 и судовые двигатели 1ЧСП-2ЧСП 10,5/13-1. Описание конструкции и руководство по уходу / М. А. Вайнер, Е. С. Камахин // М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1950. – 128 с.
5. DEPAS D4.0H: URL: <http://depas.od.ua/products.html#Handy> 1.0 (дата обращения 21.12.2021).
6. Шураев О. П., Исследование полей скорости и температуры в каналах котла-утилизатора методом численного моделирования / О. П. Шураев, Д. И. Бевза, С. Н. Валиулин // Вестник АГТУ. Сер.: Морская техника и технология. 2016. № 3. С. 49 - 56.
7. Шураев О. П., Результаты численного моделирования движения газа в каналах компактного котла-утилизатора / О. П. Шураев, Д. И. Бевза, С. Н. Валиулин // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. - 2017. - № 50. - С. 268 - 276.
8. Перевезенцев С. В. Разработка стенда сбора и передачи береговым центрам технологической и путевой информации с судов с использованием АИС / С. В. Перевезенцев, В. И. Плющаев, И. С. Поляков // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2015. – № 44. – С. 130-133.

References

1. Makar'ev E. V. Stend dlya teplobalansnykh ispytaniy sudovykh DVS [Stand for thermal balance testing of ships' internal combustion engines]. Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S. O. Makarova. 2014. No. 5 (27). pp. 12-19.
2. Bezyukov, O. K. Stendy, programmy i metodiki dlya ispytaniy vysokooborotnykh sudovykh dizeley [Stands, programs and procedures for testing high-speed marine diesel engines]/ O. K. Bezyukov, E. V. Makar'ev, M. M. Makhfud // Sbornik nauchnykh trudov professorsko-prepodavatel'skogo sostava Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova: sbornik nauchnykh statey, Sankt-Peterburg, 01 aprelya – 20 oktyabrya 2017 goda. – Sankt-Peterburg: FGBOU VO «Gosudarstvennyy universitet morskogo i rechnogo flota im. admirala S. O. Makarova». 2017. – pp. 32-40. – EDN ZXDWVZ.
3. Pokusaev, M. N. Ustanovka dlya ispytaniya dvigatelya s energoeffektivnoy sistemoy okhlazhdeniya [Testing plant for engine with energy efficient cooling system] / M. N. Pokusaev, A. V. Trifonov, V. A. Kostyrenko // Vestnik Astrakhansko-go gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2021. – № 1(71). – pp. 15-21. – DOI 10.24143/1812-9498-2021-1-15-21.

4. Vayner M. A., Statsionarnye dvigateli i dizel'-generatory 1CH-2CH 10,5/13-2, 1CHA-2CHA 10,5/13-2 i sudovye dvigateli 1CHSP-2CHSP 10,5/13-1 [Stationary engines and diesel generators 1CH-2CH 10.5/13-2, 1CH-2CH A 10.5/13-2 and marine engines 1CHSP-2CHSP 10.5/13-1. Description of the design and care guide] / M. A. Vayner, E. S. Kamakhin // M.: Gosudarstvennoe nauchno-tekhnicheskoe izdatel'stvo mashinostroitel'noy literatury, 1950. – p.128.
5. DEPAS D4.0H. 21 Dec. 2021 <<http://depas.od.ua/products.html#Handy 1.0>>.
6. Shurayev O. P., Issledovanie polya skorosti i temperatury v kanalakh kotla-utilizatora metodom chislennogo modelirovaniya [The research of the speed and temperature fields in the flow passages of the exhaust heat boiler by the numerical experiment method] / O. P. Shurayev, D. I. Bevza, S. N. Valiulin // Vestnik AGTU. Ser.: Morskaya tekhnika i tekhnologiya. 2016. № 3. pp. 49-56.
7. Shurayev O. P., Rezul'taty chislennogo modelirovaniya dvizheniya gaza v kanalakh kompakt-nogo kotla-utilizatora [The results of numerical modeling of gas dynamics in the ducts of a compact exhaust boiler] / O. P. Shurayev, D. I. Bevza, S. N. Valiulin // Vestnik Volzhskoy gosudarstvennoy akademii vodnogo transporta. 2017. № 50. pp. 268 - 276.
8. Perevezentsev S. V. Razrabotka stenda sbora i peredachi beregovym tsentram tekhnologicheskoy i putevoy informatsii s sudov s ispol'zovaniem AIS [The stand development of collection and transfer to coast centers of technological and track information from vessels with using AIS] / S. V. Perevezentsev, V. I. Plyushchayev, I. S. Polyakov // Vestnik Volzhskoy gosudarstvennoy akademii vodnogo transporta. – 2015. – № 44. – pp. 130-133.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Шураев Олег Петрович, к.т.н., доцент кафедры ЭСЭУ (Эксплуатации судовых энергетических установок) Волжский государственный университет водного транспорта, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, ауд. 667

Oleg P. Shurayev, Candidate of Technical Science, Assistant Professor, The Department «Operation of Ship Power Plants», Volga state university of water transport, 5, Nesterova str, . Nizhny Novgorod, Russia

Бевза Денис Игоревич, аспирант кафедры ЭСЭУ (Эксплуатации судовых энергетических установок) Волжский государственный университет водного транспорта, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, ауд. 667

Denis I. Bevza, postgraduate, The Department «Operation of Ship Power Plants», Volga state university of water transport, 5, Nesterova str, . Nizhny Novgorod, Russia

Статья поступила в редакцию 21.02.2022; опубликована онлайн 07.06.2022.
Received 21.02.2022; published online 07.06.2022.