

## УСТАНОВКА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ С ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМОЙ ОХЛАЖДЕНИЯ<sup>1</sup>

*М. Н. Покусаев, А. В. Трифонов, В. А. Костыренко*

*Астраханский государственный технический университет,  
Астрахань, Российская Федерация*

В лаборатории «Судовые дизели» Астраханского государственного технического университета в рамках модернизации испытательных стендов с судовыми двигателями планируется создание новой установки для испытания двигателя Iveco 8041I06 55 R900. Рассмотрена возможность создания экспериментальной установки для проведения теплосбалансных испытаний судового двигателя с применением современных средств измерения и контроля. Установка представляет собой конвертированный двигатель, работающий на генератор. Двигатель будет испытываться по нагрузочной характеристике. Приведены сведения об основных технических параметрах испытываемого двигателя, о его назначении и потенциально возможной комплектации приборной базы. В качестве нагрузки для генератора планируется использовать резистивное нагрузочное устройство. Для измерения расхода топлива на стенде будет применяться топливный микрорасходомер. Выбраны расходомеры для измерения расходов теплоносителей и датчики температуры теплоносителя отработавших газов. Проведено сопоставление параметров рассматриваемого двигателя и требований Российского Речного Регистра к судовым двигателям. Описан объем работ по конвертированию промышленного двигателя в судовой вариант в части модернизации системы охлаждения. На установке планируется изучение работы судовой системы охлаждения, в которой регулирование осуществляется изменением частоты вращения навешенного насоса в зависимости от температуры забортной воды. Был выбран насос и устройство для регулирования его частоты вращения. Положительный эффект заключается в том, что потребляемая мощность насоса при этом снижается. Это дает экономию топлива, позволяет снизить вред, наносимый окружающей среде, за счет снижения выбросов углекислого газа.

**Ключевые слова:** судовой двигатель, система охлаждения, судовой насос, испытания двигателей, конвертирование двигателей, вариатор.

**Для цитирования:** Покусаев М. Н., Трифонов А. В., Костыренко В. А. Установка для испытания двигателя с энергоэффективной системой охлаждения // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2021. № 1 (71). С. 15–21. DOI: 10.24143/1812-9498-2021-1-15-21.

### Состояние проблемы

На сегодняшний день многие модели российских судовых дизельных двигателей морально устарели и уступают современным двигателям по основным технико-экономическим показателям. Также на российском рынке остается свободной ниша высокооборотных судовых двигателей мощностью до 100 кВт. Данная проблема частично решается конвертированием промышленных, автомобильных и тракторных двигателей в судовые.

В лаборатории «Судовые дизели» Астраханского государственного технического университета (АГТУ) в связи с устареванием имеющихся в наличии испытательных стендов с судовыми двигателями планируется создание нового – установки для испытания двигателя Iveco 8041I06 55 R900. На примере этого двигателя будет разработан проект по его конвертированию в судовой.

На кафедре «Теории и конструкции судовых ДВС» Государственного университета морского и речного флота им. адм. С. О. Макарова был разработан стенд на базе судового дизель-генератора 3VD14,5/12-2SRW [1]. Так как двигатели обладают схожими характеристиками, возможности и конструкция указанного стенда будут учитываться при создании стенда в лаборатории АГТУ.

<sup>1</sup>Статья подготовлена в рамках договора с Фондом содействия инновациям № 3954ГС1/63283 о предоставлении гранта на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Целью исследования является конвертирование двигателя Iveco 8041I06 55 R900 в судовой вариант в части установки дополнительного контура системы охлаждения и разработка на его базе экспериментальной установки.

### Материалы исследования

На экспериментальном стенде должны проводиться теплосбалансные испытания дизельного двигателя, работающего на генератор. Внешний вид двигателя с генератором показан на рис. 1.

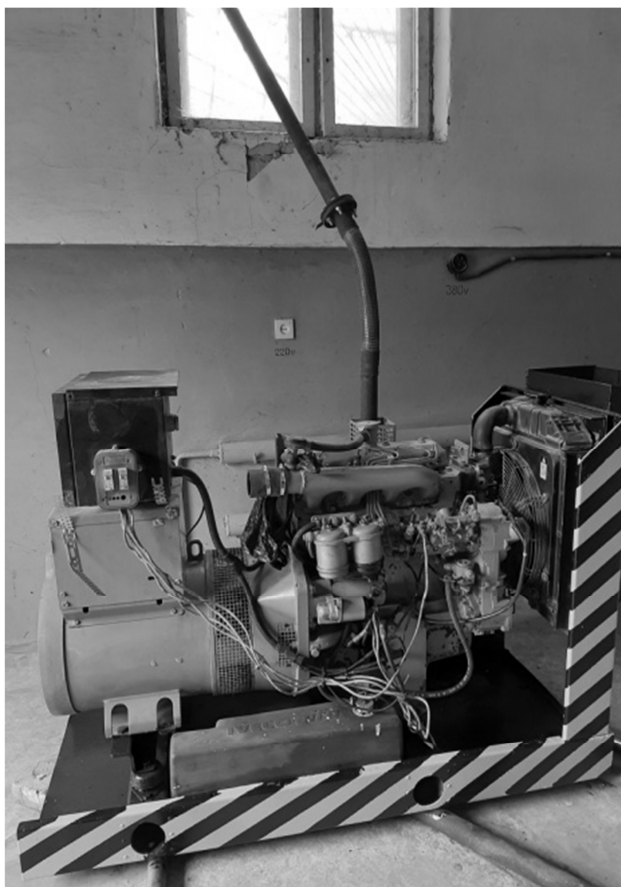


Рис. 1. Двигатель Iveco 8041I06 55 R900

Данный двигатель предназначен для привода генераторов и пожарных насосов. Также единичные экземпляры двигателя подвергаются конвертированию в судовое исполнение для установки на катера. Параметры двигателя представлены в таблице.

| Параметр  | Значение   |
|---|------------|
| Диаметр цилиндра, мм                              | 104        |
| Ход поршня, мм                                    | 115        |
| Номинальная мощность, кВт                         | 36         |
| Максимальная мощность, кВт                        | 41         |
| Удельный расход топлива (100 % $N_e$ ), г/кВт·ч   | 227        |
| Расход воздуха для сгорания, м <sup>3</sup> /ч    | 165        |
| Температура выхлопных газов, °С                   | 550        |
| Массовый расход выхлопных газов, кг/ч             | 195        |
| Топливо   | EN 590     |
| Масло   | ACEA E3-E5 |
| Электрическая емкость пускового аккумулятора, А·ч | 100        |
| Напряжение пускового аккумулятора, В              | 12         |

Испытания двигателя должны проводиться в соответствии с ГОСТ Р 52517-2005 [2]. На стенде в качестве нагрузки для генератора планируется использовать резистивное нагрузочное устройство НМ-50Т400-К2 с мощностью до 50 кВт (рис. 2).



Рис. 2. Нагрузочное устройство HM-50T400-K2

Нагрузочное устройство позволит имитировать эксплуатационную нагрузку на генератор в диапазоне от 0 до 110 % от номинальной мощности.

Для измерения расхода топлива на стенде будет применяться топливный микрорасходомер OM004 (рис. 3).

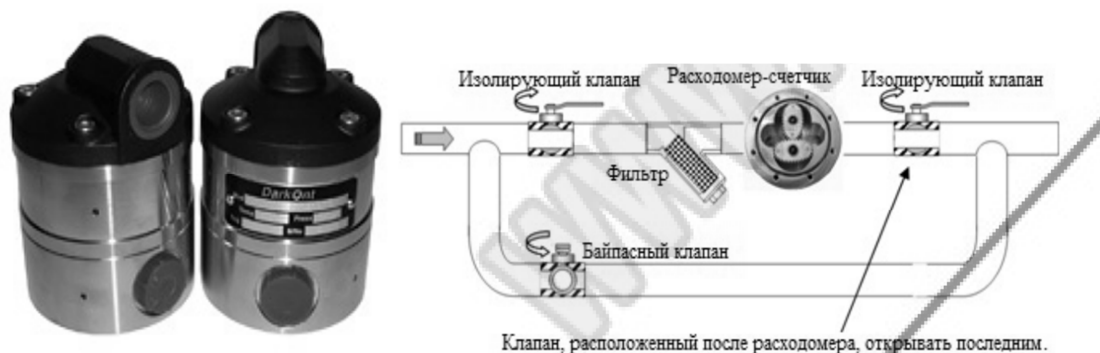


Рис. 3. Микрорасходомер OM004

Расходомеры с овальными шестернями OM004 предназначены для измерения объемных расходов чистых жидкостей – дизельного и биотоплива, керосина, животных, растительных и синтетических масел, ингибиторов, химикатов, растворителей и т. п.

Область применения приборов: нефтехимическая, пищевая, энергетическая отрасли промышленности, а также системы контроля расхода и отпуска нефтепродуктов и топлив на нефтяных терминалах, судах.

В помещении лаборатории необходимо предусмотреть установку механической вентиляции для обеспечения, в том числе, воздухопотребления двигателя для сгорания топлива с требуемыми техническими параметрами согласно инструкции по эксплуатации. Измерение расхода потребляемого для сгорания воздуха будет осуществлять расходомер «Взлет РГ». Температуры выхлопных газов будет измеряться датчиком MBT 5116.

Так как имеющийся в наличии двигатель имеет не судовое исполнение, то для лаборатории «Судовые дизели» должен быть конвертирован.

Конвертирование двигателя будет выполняться в соответствии с требованиями Российского Речного Регистра (РРР) Р.014-2005 «Руководство по техническому наблюдению за конвертированием автомобильных и тракторных двигателей в судовые» [3] и техническими условиями ТУ 3120-002-03149790-2009 «Судовой дизель-редукторный агрегат СДРА-110» [4].

Необходимо установить насос забортной воды внешнего контура системы охлаждения на специальном кронштейне с приводом от шкива привода вентилятора базового двигателя.

В случае обычной конвертации можно было бы использовать прямую передачу для насоса забортной воды, но на данном стенде планируется применение между двигателем и насосом вариатора.

Для привода насоса забортной воды предлагается использовать вариатор UDT020 с выходной частотой вращения 200–1 000 об/мин. Внешний вид и габариты вариатора показаны на рис. 4.



Рис. 4. Вариатор UDT020

Предложенная схема была ранее проверена на экспериментальной установке по испытанию насоса системы охлаждения, была подтверждена ее эффективность [5]. Предлагаемое решение позволит регулировать частоту вращения навешенного насоса по необходимому для регулирования закону, что позволит снизить потребляемую насосом мощность и расход топлива судового двигателя.

#### Методы и результаты исследования

Так как значение количества отводимой от двигателя теплоты также не указано в технической документации двигателя, для подбора насоса был произведен расчет элементов системы охлаждения.

Спецификационная подача насоса пресной воды, кг/ч:

$$W_n = k_1 \frac{\alpha_{пв} g_e N_e Q_p^H}{c_{пв} t_{п}}$$

где  $k_1 = 1,2-1,3$  – коэффициент запаса подачи;  $\alpha_{пв} = 0,16-0,25$  – доля теплоты, отводимой пресной водой, от всего количества теплоты, выделившегося при сгорании топлива;  $g_e$  – удельный эффективный расход топлива в двигателе, кг/(кВт · ч);  $N_e$  – эффективная номинальная мощность дизеля, кВт;  $Q_p^H$  – низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг;  $c_{пв}$  – теплоемкость пресной воды, кДж/(кг · К);  $\Delta t_{п} = 10-15$  – стандартно принимаемое для расчетов значение подогрева пресной воды, °С;

$$W_n = 1,2 \frac{(0,16 \dots 0,25) \cdot 0,227 \cdot 36 \cdot 41000}{4,174 \cdot 13} = 987 \dots 1852.$$

Для расчета подачи насоса забортной воды для системы охлаждения, кг/ч, применяется формула

$$W_3 = k_2 \frac{\alpha_{пв} g_e N_e Q_p^H + \sum Q_i}{c_{зв} t_{зв}},$$

где  $k_2 = 1,1-1,2$  – коэффициент запаса подачи;  $c_{зв}$  – теплоемкость забортной воды, Дж/(кг·К);  $\Delta t_{зв} = 10-15$  – стандартно принимаемое для расчетов значение подогрева забортной воды, °С;  $Q_i = 0$  – количество теплоты, воспринятое в  $i$ -м элементе системы охлаждения (двигатель не имеет маслоохладителя);

$$W_3 = 1,2 \frac{(0,16 \dots 0,25) \cdot 0,227 \cdot 36 \cdot 41000 + 0,035 \cdot 0,227 \cdot 36 \cdot 41000}{4,174 \cdot 13} = 1444,7 \dots 2037.$$

При расчете насоса забортной воды учитывалась также необходимость охлаждения масла, от которого необходимо отводить 3,5 % выделившегося при сгорании тепла. Для измерения расходов теплоносителей выбраны расходомеры «ВЗЛЕТ МР УРСВ-011».

### Обсуждение

Предлагается установить на место вентилятора насос ВКС 1/16. При работе на номинальной частоте вращения 1500 об/мин производительность насоса ВКС 1/16 составляет 3,6 м<sup>3</sup>/ч. Так как будет установлен вариатор, при работе на такой частоте вращения производительность насоса будет меняться в диапазоне 0,48–2,4 м<sup>3</sup>/ч, этого достаточно для охлаждения двигателя (рис. 5).

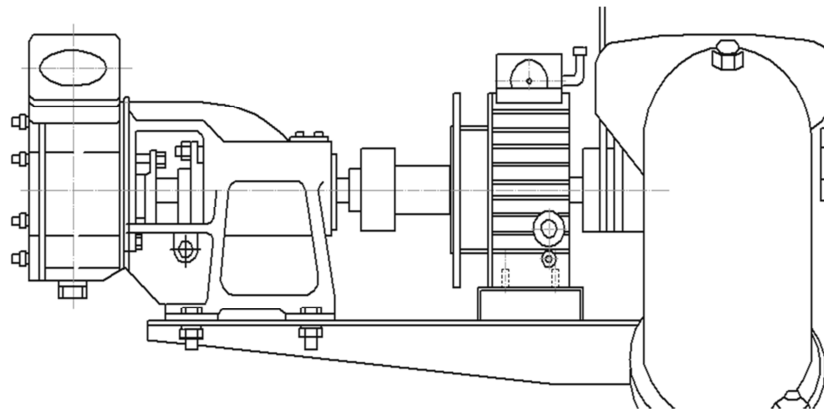


Рис. 5. Насос ВКС 1/16 с приводом от двигателя через вариатор

Применение устройств для регулирования производительности навешенных насосов является перспективным направлением повышения энергоэффективности судовых двигателей.

Далее необходимо будет смонтировать систему охлаждения внешнего контура с элементами, устанавливаемыми вне двигателя: расширительным баком внутреннего контура системы охлаждения, водо-водяным холодильником, трубопроводами с арматурой. Для охлаждения планируется использовать пластинчатый теплообменник 54–84 кВт.

### Заключение

Предложен комплекс современных средств измерений для определения параметров испытываемого двигателя и распределения тепловых потерь. По результатам расчетов был выбран насос для внешнего контура системы охлаждения, который будет иметь привод от коленчатого вала через управляемый вариатор. В дальнейшем вариатор будет оснащаться автоматической системой управления для регулирования теплового состояния двигателя.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Макарьев Е. В.* Стенд для теплосбалансных испытаний судовых ДВС // Вестн. Гос. ун-та мор. и реч. флота им. адм. С. О. Макарова. 2014. № 5 (27). С. 12–19.
2. *ГОСТ Р 52517-2005.* Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Характеристики. Ч. 1. Стандартные исходные условия, объявление мощности, расхода топлива и смазочного масла. Методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2006. 36 с.
3. *Р.014-2005.* Руководство по техническому наблюдению за конвертированием автомобильных и тракторных двигателей в судовые. М.: Рос. Реч. Регистр, 2016. 13 с.
4. *ТУ 3120-002-03149790-2009.* Судовой дизель-редукторный агрегат СДРА-110. Астрахань: ОАО «АЦКБ», 2009. 36 с.
5. *Покусаев М. Н., Селиванов Н. В., Трифонов А. В.* Экспериментальная установка для моделирования системы охлаждения судна заборной водой // Морские интеллектуальные технологии. 2018. № 4-4 (42). С. 100–104.

Статья поступила в редакцию 26.04.2021

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Михаил Николаевич Покусаев** — д-р техн. наук, профессор; зав. кафедрой эксплуатации водного транспорта; Астраханский государственный технический университет; Россия, 414056, Астрахань; evt2006@rambler.ru.

**Алексей Викторович Трифонов** — канд. техн. наук; старший преподаватель кафедры эксплуатации водного транспорта; Астраханский государственный технический университет; Россия, 414056, Астрахань; trifonov91@inbox.ru.

**Василий Александрович Костыренко** — аспирант кафедры эксплуатации водного транспорта; Астраханский государственный технический университет; Россия, 414056, Астрахань; kostyrenkova@gmail.com.



## TESTING PLANT FOR ENGINE WITH ENERGY EFFICIENT COOLING SYSTEM

*M. N. Pokusaev, A. V. Trifonov, V. A. Kostyrenko*

*Astrakhan State Technical University,  
Astrakhan, Russian Federation*

**Abstract.** The article focuses on developing a new testing system for the Iveco 8041I06 55 R900 engine in the laboratory “Marine Diesels” under Astrakhan state technical university in the event of modernizing the test benches with ship engines. There has been considered creating an experimental unit for conducting heat-balance tests of a marine engine using modern measurement and control tools. The unit consists of a converted engine powered by a generator. The engine will be tested according to the generator characteristic. There is given the data on the main technical parameters of the tested engine and on the potential configuration of the instrument base. As a load for the generator, it is planned to use a resistive load device. A fuel micro-meter will be used to measure the fuel consumption. Flow meters are selected for measuring the flow rates. Heat carriers and temperature sensors are selected for measuring temperature of the exhaust gases. The parameters of the engine under consideration are compared with the requirements of the Russian River Register for marine engines. The scope of work on converting an industrial engine into a marine engine in terms of the modernization of the cooling system has been described. The unit is designed to study the ship's cooling system operation, in which the control is carried out by changing the

speed of the suspended pump depending on the temperature of the seawater. There was selected a pump and a device to regulating its rotating speed. The positive effect is achieved by reducing the power consumed by the pump. It saves the fuel and reduces the environmental damage due to the lower carbon dioxide emissions.

**Key words:** ship engine, cooling system, marine pump, engine testing, engine conversion, variator.

**For citation:** Pokusaev M. N., Trifonov A. V., Kostyrenko V. A. Testing plant for engine with energy efficient cooling system. *Vestnik of Astrakhan State Technical University*. 2021;1 (71): 15-21. (In Russ.) DOI: 10.24143/1812-9498-2021-1-15-21.

#### REFERENCES

1. Makar'ev E. V. Stend dlia teplobalansnykh ispytaniy sudovykh DVS [Test bench for heat balance tests of ship internal combustion engines]. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. adm. S. O. Makarova*, 2014, no. 5 (27), pp. 12-19.
2. GOST R 52517-2005. *Dvigateli vnutrennego sgoraniia porshnevyye. Kharakteristiki. Chast' 1. Standartnye iskhodnye usloviia, ob"iavlenie moshchnosti, raskhoda topliva i smazochnogo masla. Metody ispytaniy* [GOST R 52517-2005. Piston internal combustion engines. Characteristics. Part 1. Standard Baseline, Declaration of Power, Fuel Consumption and Lube Oil. Test methods]. Moscow, Standartinform, 2006. 36 p.
3. R.014-2005. *Rukovodstvo po tekhnicheskomu nabludeniiu za konvertirovaniem avtomobil'nykh i traktornykh dvigatelei v sudovye* [P.014-2005. Guidelines for technical supervision of converting automobile and tractor engines into marine engines]. Moscow, Rossiiskii Rechnoi Registr, 2016. 13 p.
4. TU 3120-002-03149790-2009. *Sudovoi dizel'-reduktorny agregat SDRA-110* [TS 3120-002-03149790-2009. Marine diesel-gear unit SDRA-110] (ATsKB, Llc). Astrakhan', OAO «ATsKB», 2009. 36 p.
5. Pokusaev M. N., Selivanov N. V., Trifonov A. V. *Ekspperimental'naia ustanovka dlia modelirovaniia sistemy okhlazhdeniia sudna zabortnoi vodoi* [Experimental setup for simulating ship cooling system with seawater]. *Morskoe intellektual'nye tekhnologii*, 2018, no. 4-4 (42), pp. 100-104.

The article submitted to the editors 26.04.2021

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Mikhail N. Pokusaev** – Doctor of Technical Sciences, Professor; Head of the Department of Water Transport Operation; Astrakhan State Technical University; Russia, 414056, Astrakhan; evt2006@rambler.ru.

**Alexey V. Trifonov** – Candidate of Technical Sciences; Senior Lecturer of the Department of Water Transport Operation; Astrakhan State Technical University; Russia, 414056, Astrakhan; trifonov91@inbox.ru.

**Vasily A. Kostyrenko** – Postgraduate Student of the Department of Water Transport Operation; Astrakhan State Technical University; Russia, 414056, Astrakhan; kostyrenkova@gmail.com.

