

Транспортное дело России. –2012.– № 6-2.– С. 196-197

References

1. UFOP Chart of the week (50 2019), press release, 2019-12 [Electronic resource]. – URL: <http://news.bio-based.eu/global-biodiesel-production-is-increasing/>.
2. Global biodiesel production by country 2018. Published by T. Wang, Nov 26, 2019 [Electronic resource]. – URL: <https://www.statista.com/statistics/271472/biodiesel-production-in-selected-countries/>.
3. Tamandzha, I. Perspektivy i obosnovanie ispol'zovaniya biodizelya v sudovyh di-zel'nyh ustanovkah / I. Tamandzha, N. N. SHujtasov // Vestnik AGTU. Ser.: Morskaya tekhnika i tekhnologiya. – 2010. – № 1. – S. 158-166.
4. Gromakov A.V. Perspektivy biotopliva, kak topliva dlya sudovyh dizelej / A.V. Gromakov, A.V. Fil' // Ekspluatatsiya morskogo transporta. – 2019. – № 4 (93). – S. 53-59.
5. Kesime U.K., Pazouki K., Murphy A. and Chrysanthou A. Biofuel as alternative shipping fuel: technology, environmental and economic assessment. Sustainable Energy Fuels, 2019, 3: 899-909.
6. Pradeep Nayyar (April 2010). The Use of Biodiesel Fuels in the U.S. Marine Industry, U.S. Maritime Administration [Electronic resource]. – URL: http://www.socp.us/images.html?file_id=XZutrwghhk4%3D.
7. Biofuels: Marine Transport, Handling and Storage Issues [Electronic resource]. – URL: https://www.ukpandi.com/fileadmin/uploads/ukpi/LP%20Documents/Carefully_to_Carry/C2C_Articles_2018/Biofuels_-_Marine_Transport__Handling_and_Storage_Issues.pdf.
8. Romancova S.V. Stabil'nost' biodizel'nyh topliv pri hranenii / S.V. Romancova, I.A. Ryazanceva, K.S. Malahov // Vestnik TGU. – T.14. – Vyp.1. – 2009. – S.63-66.
9. Levin, M.YU. Sohranenie kachestva biodizel'nogo topliva za schet sovershenstvovaniya tekhnologii ego hraneniya: avtoreferat dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.01, 05.20.03 / Levin Maksim YU'evich; [Mesto zashchity: Michurin. gos. agrar. un-t] Michurinsk, 2012. – 21 s.
10. Sister V.G. Issledovanie stabil'nosti biodizel'nogo topliva pri hranenii / V.G. Sister, S.A. Nagornov, S.V. Romancova, S.V. Bodyagina // Izvestiya vuzov. Problemy energetiki. – 2012. – № 1-2. – S. 13-18.
11. Jose, T. K., & Anand, K. (2016). Effects of biodiesel composition on its long term storage stability. Fuel, 177, 190–196.
12. Kovács, A., Tóth, J., Isaák, G., & Keresztényi, I. (2015). Aspects of storage and corrosion characteristics of biodiesel. Fuel Processing Technology, 134, 59–64.
13. Issledovanie vzaimodejstviya metilovogo e'fira rapsovogo masla s konstrukcion-ny'mi materialami / V.P. Kovalenko, E.A. Ulyukina, N.N. Pulyaev, O.N. Shajdurova, A.S. Buryakov // Mezhdunarodny'j nauchny'j zhurnal. – 2009. – № 5. – S. 36-40.
14. Chandran, D. Compatibility of diesel engine materials with biodiesel fuel. Renewable Energy, Vol. 147, Part 1, March 2020, P. 89-99.
15. Davannendran Chandran, Ng Hoon Kiat, Harrison Lau Lik Nang, Gan Suyin, Choo, Y M and Salmah Jahis. Compatibility of biodiesel fuel with metals and elastomers in fuel delivery system of a diesel engine. Journal of Oil Palm Research Vol. 28 (1) March 2016 p. 64-73
16. Alves, S. M., Mello, V. S. e, & Dutra-Pereira, F. K. (2017). Biodiesel Compatibility with Elastomers and Steel. Frontiers in Bioenergy and Biofuels.
17. Leily Nurul Komariah, Marwani, Sucia Aprisah and Yangia S.L Rosa. Storage tank materials for biodiesel blends; the analysis of fuel property changes. MATEC Web Conf., 101 02012 (2017).
18. Mayank Bhardwaja, Parul Guptab, Neeraj Kumar. Compatibility of Metals and Elastomers in Biodiesel: A review. International Journal of Research (IJR) Vol-1, Issue-7, August 2014, p. 376-391.
19. Kondrat'ev S.I. Obespechenie bezopasnosti plavaniya transportnyh sudov v portu pri manevrirovanii v operacionnoj akvatorii prichala [Tekst] / S.I. Kondrat'ev, V.V. Ustinov // Transportnoe delo Rossii. 2012. № 6-2. S. 196-197

УДК 6292.05

DOI: 10.34046/aumsuomt99/14

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК СУДОВ И МОРСКОЙ ТЕХНИКИ

*В.В. Герасиди, кандидат технических наук, доцент
Н.И. Николаев, доктор технических наук, профессор
А.В. Лисаченко, аспирант*

В работе представлена комплексная система диагностики двигателей энергетических установок судов и морской техники. Накопленный опыт в проведении экспериментальных исследований контроля технического состояния безразборным методом диагностики позволит перейти от классических подходов технической эксплуатации к новым, входящим в систему удаленного контроля с использованием автоматизированной измерительной системы и управления судовых технических средств автономных судов в эксплуатации. Во время разработки автоматизированной измерительной системы был выполнен подбор экспериментального инструментария для исследования рабочих параметров и автоматизации процессов управления и контроля двигателя в эксплуатации. Методика экспериментального исследования включает классический подход к проведению таких испытаний и современный подход с дистанционной передачей данных в офис компании судовладельца. Экспериментальные исследования по разработке технологии и комплексной системы диагностики дизельной установки с использованием многоканальной автоматизированной измерительной системы, выполненные на ходовом режиме работы двигателя, позволили определить аналогозаменяемость штатных систем управления ВОД, а также более расширенно проводить мониторинг рабочих процессов в любой период времени работы двигателя. Проведенные экспериментальные исследования позволили определить необходимые условия проведения измерения рабочих параметров комплексной системы диагностики двигателей энергетических установок судов и морской техники.

Ключевые слова: контроль, двигатель, морская техника, эксплуатационные параметры, диагностическое оборудование.

CONTROL SYSTEM OF OPERATING PARAMETERS OF ENGINES OF POWER PLANTS OF SHIPS AND MARINE EQUIPMENT

V. V. Gerasidi, N. I. Nikolaev, S. Lisachenko

The paper presents a comprehensive system for diagnostics of engines of power plants of ships and marine equipment. The accumulated experience in conducting experimental studies of the technical condition control by the CIP method of diagnostics will make it possible to move from the classical approaches of technical operation to the new ones included in the remote control system using an automated measuring system and control of ship technical means of autonomous ships in operation. During the development of the automated measuring system, a selection of experimental instrumentation was carried out to study the operating parameters and automate the control and monitoring processes of the engine in operation. The experimental research methodology includes a classic approach to conducting such tests and a modern approach with remote data transmission to the shipowner's office. Experimental studies on the development of technology and an integrated diagnostic system for a diesel installation using a multichannel automated measuring system, carried out in the running mode of the engine, made it possible to determine the analog interchangeability of standard FOS control systems, as well as to more extensively monitor work processes at any period of engine operation. The experimental studies carried out made it possible to determine the necessary conditions for measuring the operating parameters of an integrated diagnostic system for engines of power plants of ships and marine equipment.

Key words: control, engine, marine technology, operational parameters, diagnostic equipment.

В связи с ростом, с начала 2000 года, внешнеторгового оборота в портах РФ эксплуатируются новые морские буксиры дедевитом от 20 т до 800 т. На таких буксирах устанавливаются находят широкое применение ВОД фирм «Caterpillar», «Cummins», «MTU» и др. мощностью от 30 кВт до 2500 кВт. С развитием информационных технологий, современные дизельные двигатели оснащаются системами электронного управления, которые могут быть соединены с автоматизированными измерительными системами для накопления, сравнения и передачи эксплуатационных параметров работы двигателя оператору. Такие системы могут быть в дальнейшем использованы для управления автономными судами. Большое количество научных работ посвящены системам и методам управления в эксплуатации судовых технических средств и их элементов судна в целом [1-6].

Автоматизированная измерительная система (АИС) предназначена для выполнения следующих задач:

- многоканальной обработки параметров;
- многопараметрической обработки параметров;
- регистрации сигналов в вычислительной среде.

АИС включает себя подсистемы, расположенные на базе данных, входящих в общую локальную вычислительную сеть (ЛВС). Согласно [1, 2] за период 2000-2021 гг. 69 % судов, построенных в РФ под надзором РМРС, в качестве ВОД используют двигатели фирмы «Caterpillar». На рисунке 1 показана классификация ВОД, установленных в качестве главных двигателей на судах, находящихся под наблюдением РС.

Для примера на рисунке 2 показана современная система электронного управления фирмы «Caterpillar», которая может быть использована и объединена с АИС.

В таблице 1 представлены контролируемые БЭУ теплотехнические параметры двигателя.

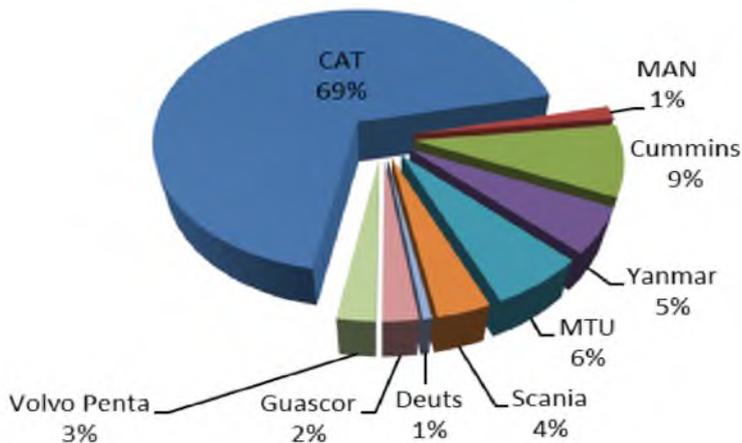


Рисунок 1 – Распределение судовых высокооборотных двигателей, устанавливаемых в качестве главных, по изготовителям

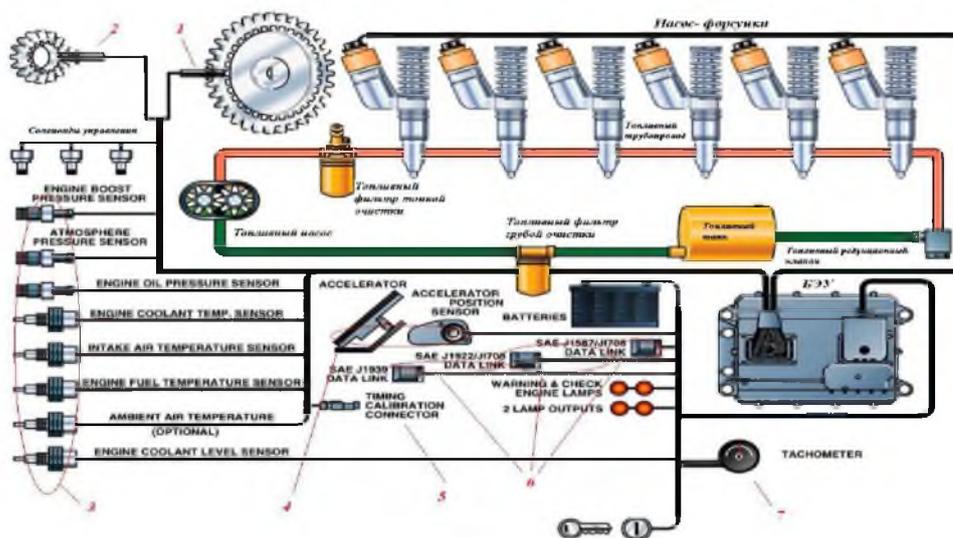


Рисунок 2. Электронная система управления двигателем CAT 3512B:

1- датчик частоты вращения коленчатого вала; 2- датчик положения распределительного вала; 3- контролируемые элементы системы управления; 4- регулятор оборотов; 5- соединительный выход для устройства калибровки; 6- канал передачи данных CAT; 7- указатель оборотов двигателя

Таблица 1– контролируемые БЭУ теплотехнические параметры двигателя.

№	Контролируемый параметр	Результат	Примечание
1	Температура наддувочного воздуха	Ok / not ok	
2	Температура охлаждающей жидкости	Ok / not ok	
3	Давление наддувочного воздуха	Ok / not ok	
4	Сопrotивление воздушного фильтра	Ok / not ok	
5	Атмосферное давление	Ok / not ok	
6	Состояние холодного режима двигателя	Ok / not ok	
7	Давление в картере	Ok / not ok	
8	Отключение цилиндра	Ok / not ok	
9	Напряжение питания БЭУ	Ok / not ok	
10	Частота вращения двигателя	Ok / not ok	
11	Частота вращения двигателя	Ok / not ok	
12	Состояние систем двигателя	Ok / not ok	
13	Состояние сигнально-предупредительных систем двигателя	Ok / not ok	
14	Температура отработавших газов	Ok / not ok	
15	Общее потребление топлива	Ok / not ok	
16	Давление топлива	Ok / not ok	
17	Давление масла	Ok / not ok	
18	Оложение топливной рейки в процентах	Ok / not ok	
19	номинальный предел подачи топлива	Ok / not ok	

Рабочие параметры во время работы двигателя передаются через связной адаптер по каналу передачи данных и выводятся в реальном времени в программе персонального компьютера. Оператор следит за изменениями параметров в зависимости от режима нагрузки двигателя. При возникновении каких-либо неисправностей или отклонений от заданных значений рабочих парамет-

ров, которые заложены в программу АИС, выводится код ошибки, и оператор приступает к устранению этой ошибки.

Средства диагностики АИС представлены в виде одной компьютерной программы и адаптера (рисунок 3) (который используется, например, в дизельных двигателях фирмы «Caterpillar»), связующего двигатель и компьютер. На монитор компьютера выводятся данные по двигателю в режиме реального времени.



Рисунок 3 – Общий вид диагностического оборудования МАИС: 1 – АИС; 2 – АЦП; 3 – ПК

В качестве контролирующих элементов системы являются сенсоры (датчики), которые подразделяются на аналоговые и цифровые (рисунок 4).

На монитор персонала АИС выводит зависимость относительной нагрузки $Ne\%$ на двигатель от частоты вращения n (рисунок 5, а). Что является примером работы датчика частоты вращения, который передает сигнал в систему АИС для сравнения с требуемым значением (положением рукоятки оборотов).

На рисунке 5, б показан пример сравнения зависимости давления наддувочного воздуха от частоты вращения ГД левого и правого бортов. Разница давлений наддува ГД ЛБ и ПБ при частоте вращения 1500 мин^{-1} составляет 41 кПа. Для определения причин разницы давлений, оператор выводит на монитор переносного компьютера расширенный список контролируемых параметров, по которым можно определить прямую и косвенную причину расхождения значения давлений

В аварийных случаях, когда ставится вопрос о спасении жизни экипажа или двигателя в системе АИС установлен выключатель системы

защиты, который дает возможность оператору отключить систему контроля. Эта функция необходима для управления дизелем в экстренных ситуациях, когда двигатель необходимо вывести на полную мощность. Однако, нельзя отключить систему останова при снижении давления моторного масла ниже уставки и при превышении оборотов коленчатого вала выше допустимого предела. Этим выключателем можно пользоваться при выполнении ответственных маневров для того, чтобы исключить опасность неожиданного останова двигателя. Этот переключатель имеет два положения - «ВКЛЮЧЕНО/ВЫКЛЮЧЕНО», он расположен на панели электронных приборов. При нахождении выключателя в положении «ВЫКЛЮЧЕНО» система контроля работает нормально.

На рисунке 6 представлена зависимость изменения температуры охлаждающей жидкости от времени работы двигателя на установившихся режимах (линия 2). График зависимости хорошо показывает изменение температуры и значение уставки (линия 1), где видно, что температура находится рабочем диапазоне.

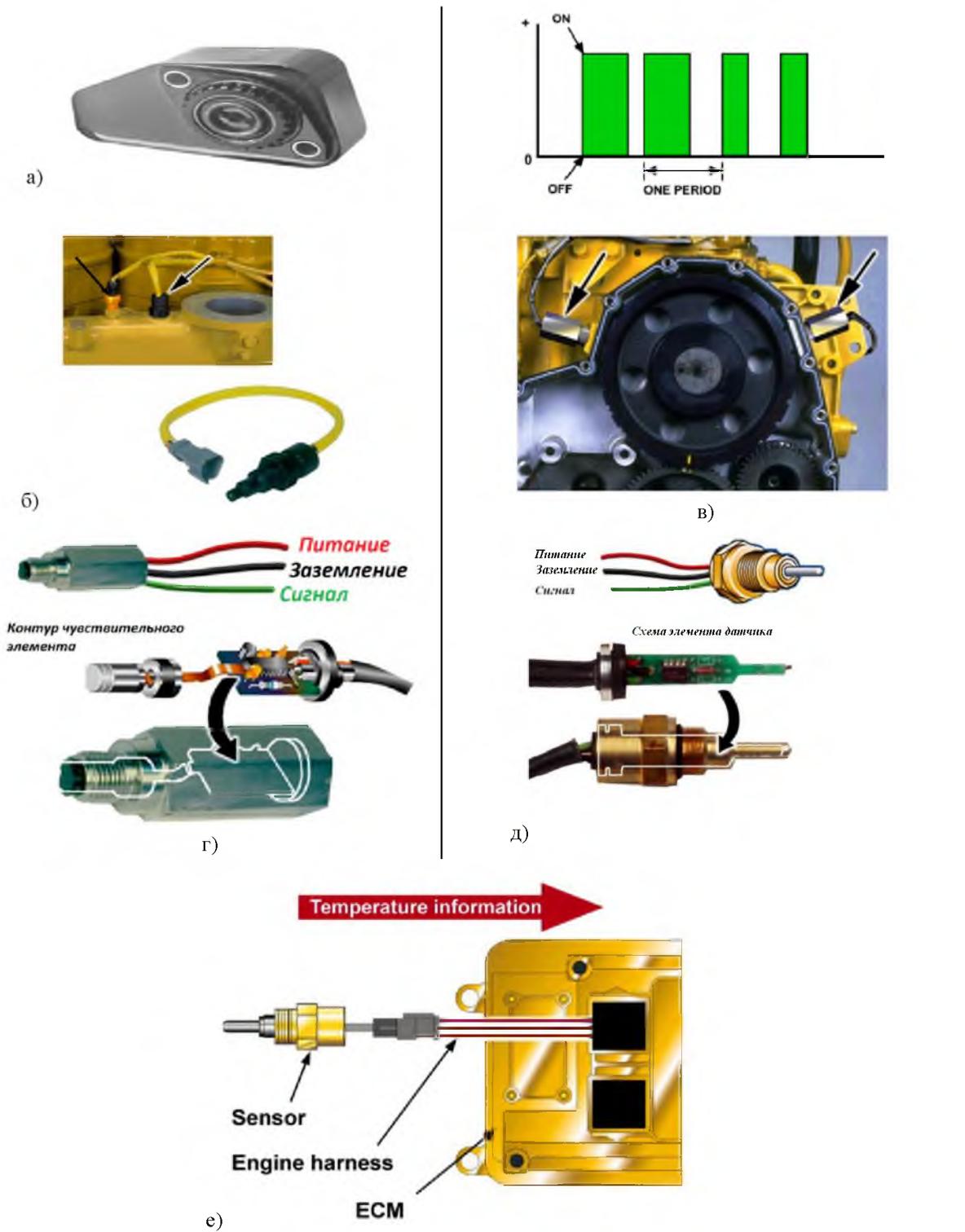
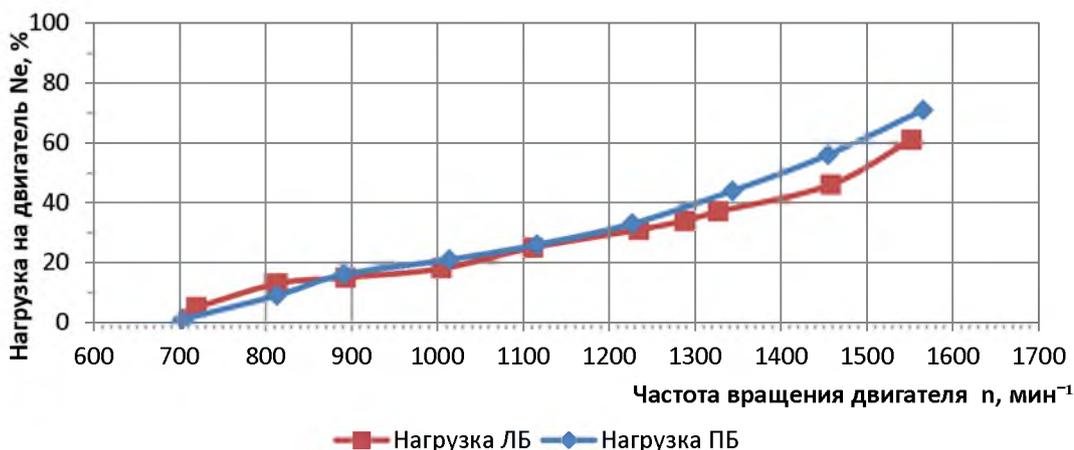
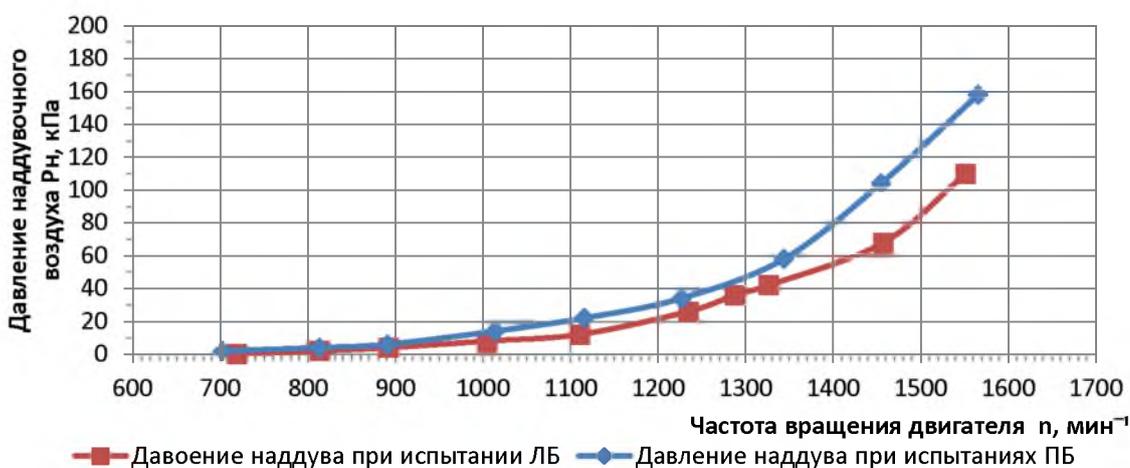


Рисунок 4 – Примеры установки датчиков на двигателе и их общий вид:

а) пример цифрового датчика двигателя ON – включено; OFF – выключено; One period – период; б) пример установки датчика температуры и давления на двигателе (наддувочного воздуха); в) расположение датчиков вращения коленчатого вала двигателя; г) общий вид датчика частоты вращения коленчатого; д) общий вид датчика температуры двигателя; е) взаимодействие датчика температуры и блока электронного управления: sensor – датчик; engine harness – жгут проводов; ECM – блок электронного управления; temperature information – показание температуры



а)



б)

Рисунок 5 – Зависимость параметров работы от частоты вращения на двигатель: а) нагрузки; б) частоты вращения



Рисунок 6 – Изменение температуры охлаждающей жидкости двигателя САТ 3500 морского буксира при ходовом режиме

На рисунке 7 изображена зависимость изменения температуры отработавших газов от частоты вращения двигателя при швартовном и ходовом режиме ГД правого и левого борта. Разница

температуры на режимах 41 – 51 °С не превышает запрограммированной уставки (703 °С).

При установке выключателя в положение «ВКЛЮЧЕНО» происходит отключение системы

контроля. При этом все предупредительные сигналы будут продолжать нормально функционировать. Снижение мощности не производится. Каждый раз при установке выключателя в положение «ВКЛЮЧЕНО» или «ВЫКЛЮЧЕНО» в памяти АИС регистрируется событие.

Базовыми элементами АИС являются модули (подсистемы) обработки и регистрации сигналов, выполненные с использованием малогабаритных компьютеров (ноутбук, малогабаритный промышленный компьютер для встраиваемых систем), в состав, которых входит АЦП и измери-

тельные каналы, образованные первичными преобразователями с необходимыми устройствами коммутации и согласования аналоговых сигналов. Экспериментальные исследования по разработке технологии и комплексной системы диагностики дизельной установки с использованием АИС, выполненные на ходовом режиме работы двигателя, позволили определить аналогозаменяемость штатных систем управления ВОД, а также более расширенно проводить мониторинг рабочих процессов в любой период времени работы двигателя.

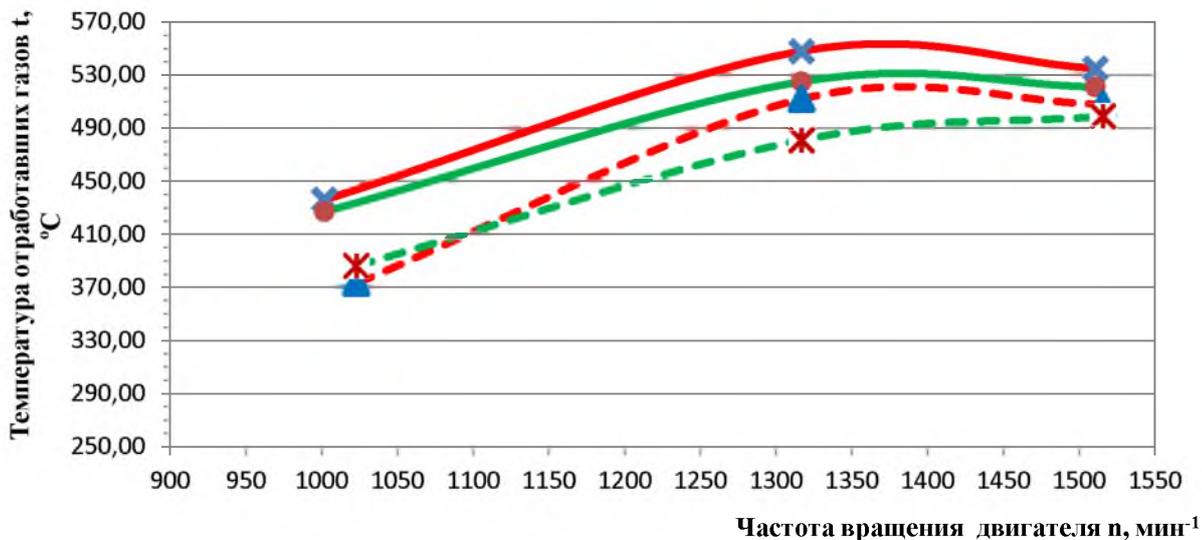


Рисунок 7 – Зависимость температуры отработавших газов при швартовных и ходовых испытаниях от частоты вращения двигателя САТ 3500 морского буксира

— и - - - - - коллектор отработавших газов левого борта при швартовных и ходовых испытаниях;
 — и - - - - - коллектор отработавших газов правого борта при швартовных и ходовых испытаниях

Проведенные экспериментальные исследования позволили определить необходимые условия проведения измерения рабочих параметров комплексной системы диагностики двигателей энергетических установок судов и морской техники.

Получены данные рабочих параметров оценки технического состояния двигателей с электронной системой управления энергетических установок судов необходимо обобщать для конкретных серий судов и двигателей. Обобщенные теплотехнические параметры двигателя могут быть использованы в АИС для удаленных систем контроля действующих морских судов и новых автономных судов.

Литература

1. Развитие мирового судоходства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://maritime-](http://maritime-zone.com/articles/razvitiye%20mirovogo%20sudohodstva)

<http://www.rs-class.org/ru/regbook/> (дата обращения 20.11.2020).
 2. Регистровая книга судов Российского морского регистра судоходства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rs-class.org/ru/regbook/> (дата обращения 20.12.2020).
 3. Корнилов Э.В., и др. Судовые главные двигатели с электронным управлением.– Одесса: Экспресс-Реклама, 2010.– 224с.
 4. Tse P., Peng Y., Yam R. Wavelet Analysis and Envelope Detection For Rolling Element Bearing Fault Diagnosis—Their Effectiveness and Flexibilities. Journal of Vibration and Acoustics. 2001. Vol. 123. Pp 303-310. DOI: 10.1115/1.1379745.
 5. Bently D.E., Hatch C.T. “Fundamentals of rotating Machinery Diagnostics”, Bently Pressurized Press, 2002, P.726.
 6. Baldacchi F., Arghir M., Gaudillere S. Experimental analysis of the unbalance response of rigid rotors supported on aerodynamic foil bearings. Proceedings of ASME Turbo Expo 2014: Turbine Technical Confer-

- ence and, Exposition GT2014. June 16 – 20, 2014, Düsseldorf, Germany.
7. Kashin Ya.M., Kopelevich L.E., Samorodov A.V., Shkoda V.V., Sidorenko V.S. Treatment and rehabilitation complex based on axial electromechanical power converter. // Вестник Адьгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки.– 2018.– № 3 (226).– С. 162-166.
 4. Tse P., Peng Y., Yam R. Wavelet Analysis and Envelope Detection For Rolling Element Bearing Fault Diagnosis—Their Effectiveness and Flexibilities. Journal of Vibration and Acoustics. 2001. Vol. 123. Pp 303-310. DOI: 10.1115/1.1379745.
 5. Bently D.E., Hatch C.T. “Fundamentals of rotating Machinery Diagnostics”, Bently Pressurized Press, 2002, P.726.
 6. Balducchi F., Arghir M., Gaudillere S. Experimental analysis of the unbalance response of rigid rotors supported on aerodynamic foil bearings. Proceedings of ASME Turbo Expo 2014: Turbine Technical Conference and, Exposition GT2014. June 16 – 20, 2014, Düsseldorf, Germany.
 7. Kashin Ya.M., Kopelevich L.E., Samorodov A.V., Shkoda V.V., Sidorenko V.S. Treatment and rehabilitation complex based on axial electromechanical power converter. // Vestnik Adygejskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 4: Estestvenno-matematicheskie i tekhnicheskie nauki. 2018. № 3 (226). S. 162-166.

References

УДК 629.123

DOI: 10.34046/aumsuomt99/15

ГИБРИДНЫЕ СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ*С.А. Казанов, аспирант*

Объектом исследования являются гибридные судовые энергетические установки (ГСЭУ) различных надводных судов, их достоинства и недостатки. Целью статьи является анализ современного состояния ГСЭУ и их возможное использование для достижения целей по оптимизации энергоэффективности, экономичности и соблюдения экологических норм, в соответствии с стратегией, принятой Международной морской организацией (ИМО). Кратко изложены возросшие требования по эмиссии парниковых газов, рассмотрены принципы работы ГТЭУ и возможные варианты их использования. Приведены результаты исследований и практического использования ГТЭУ для достижения целей в повышении экономичности и снижения эмиссии парниковых газов. Исследованы возрастающие требования по экологичности судовых энергетических установок, рассмотрены принципы работы ГСЭУ и их практическое применения для достижения результатов по оптимизации затрат и повышения экологичности СЭУ. Заключение. Сформулированы обоснованные выводы о возможности использования ГСЭУ при проектировании новых судов и модификации имеющихся.

Ключевые слова: гибридная, судовая, энергетическая, установка, снижение выбросов, повышение энергоэффективности

HYBRID SHIP POWER PLANTS*S.A. Kazanov*

The object of research is hybrid ship power plants (GSEU) of various surface ships, their advantages and disadvantages. The purpose of the article is to analyze the current state of the SEP and their possible use to achieve the goals of optimizing energy efficiency, economy and compliance with environmental standards, in accordance with the strategy adopted by the International Maritime Organization (IMO). The increased requirements for emissions are briefly stated greenhouse gases, considered the principles of operation of the GTEU and possible options for their use. The results of research and practical use of GTEU for achieving goals in increasing the efficiency and reducing greenhouse gas emissions are presented. The increasing requirements for the environmental friendliness of ship power plants are investigated, the principles of operation of the SSEEU and their practical application to achieve results in optimizing costs and improving the environmental friendliness of the SEP are considered. Conclusion. Reasonable conclusions about the possibility of using the GSEU in the design of new ships and modification of existing ones are formulated.

Keywords: hybrid, marine, power plant, emission reduction, energy efficiency increase