

источников: учебное пособие. – М.: РУДН, 2008. – 288 с.

12. Марков В.А., Папрыхальцев Н.Н. Спиртовые топлива для дизельных двигателей // Транспорт на альтернативном топливе. – 2010. – №1. – С. 22-27.
13. Sailing towards IMO Tier III - Exhaust After treatment versus Engine-internal Technologies for Medium Speed Diesel Engines / G. Tinschmann, D. Thum, S. Schlueter, P. Pelemis, G. Stiesch // CI-MAC Congress 2010, Bergen. - Paper № 274,14p.
14. Топливо и топливные системы судовых дизелей/ Ю.А. Пахомов, Ю.П. Коробков, Е.В. Дмитриевский, Г.Л. Васильев; под редакцией канд. техн. наук Ю.А. Пахомова. – М.: РКонсульт, 2004. – 496 с.: ил.
15. Раевски, П. Снижение уровня эмиссии оксидов серы на судах морского флота. // Двигателестроение. – 2007. – №1. – С. 43-45.
16. Епихин А.И., Худяков С.А. Практические особенности модернизации топливных систем и двигателей судов портового флота для использования СПГ в качестве топлива // Эксплуатация морского транспорта. – 2020. – №2(91).

REFERENCES

1. Shchhavelev, D.V. Razrabotka sistemy ochistki otrabotavshih gazov sudovyh dizelej i s ispol'zovaniem zhidkostnyh kontaktnykh apparatov: [Elektronnyj resurs]: Dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.03.05. – М.: RGB, 2005 (Iz fondov Rossijskoj Gosudarstvennoj biblioteki), 162 s.
2. Golubev, I. R. Okruzhayushchaya sreda i transport: uchebn. posobie dlya vuzov / I.R. Golubev, YU.V. Novikov. – М.: Transport, 1987. – 96 s.
3. Avdevin, D.E. Povyshenie ekologicheskoy bezopasnosti dizel'nyh ustanovok sudov vyborom racional'noj tekhnologii nejtralizacii oksidov azota v otrabotavshih gazah [Elektronnyj resurs]: Dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.08.05. – М.: RGB, 2003 (Iz fondov Rossijskoj Gosudarstvennoj Biblioteki). – 189 s.
4. Abramovich, G.N. Teoriya turbulentnyh struj: ucheb. dlya vuzov / G.N. Abramovich – М.: Fizmatgiz, 1960. – 715s.
5. Epihin A.I., Kurylev G.A. Upravlenie toksichnost'yu vyhlopov sudovyh dvigatelej// Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Kompleksnye problemy tekushchego

sostoyaniya transportnogo kompleksa. - Novorossijsk, RIO FGBOU VO "GMU imeni admiral F.F. Ushakova", 2020 g.

6. Noskov, A.S. Tekhnologicheskie metody zashchity atmosfery ot vrednyh vybrosov na predpriyatiyah energetiki: Analit. obzor / A.S. Noskov, Z.P. Paj / SO RAN. GPNTB, In-t kataliza imeni K.B. Boreskova; Otv. redaktor chl.-kor. RAN V.N. Paramon. – Novosibirsk, 1996. – 156 s.
7. Noskov, A.S. Vozdejstvie TES na okruzhayushchuyu sredu i sposoby snizheniya nanosimogo ushcherba / A.S. Noskov, M.A. Savinkina, L.YA. Anishchenko. – Novosibirsk, 1990. – 184 s.
8. Nunuparov, S.M. Predotvrashchenie zagryaznenie morya s sudov. Uchebnoe posobie dlya vuzov. М.: Transport, 1985. – 288 s.
9. Parsadanov I.V. Povyshenie kachestva i konkurentosposobnosti dizelej na osnove kompleksnogo toplivno-ekologicheskogo kriteriya: Monografiya./ Parsadanov I.V. - Har'kov: Izdatel'skij centr NTU "HPI", 2003. - 244 s.
10. Mel'nik G.V. Voprosy ekologii na kongresse CI-MAC-2007 // Dvigatelsestroenie. - 2007. - № 4. - S. 45–50.
11. Gusakov S.V. Perspektivy primeneniya v dizelyah al'ternativnyh topliv iz vozobnovlyaemyh istochnikov: Uchebnoe posobie. - М.: RUDN, 2008. - 288s.
12. Markov V.A., Patrahal'cev N.N. Spirtovye topliva dlya dizel'nyh dvigatelej // Transport na al'ternativnom toplive. - 2010. - №1. - s. 22-27.
13. Sailing towards IMO Tier III - Exhaust After treatment versus Engine-internal Technologies for Medium Speed Diesel Engines / G. Tinschmann, D. Thum, S. Schlueter, P. Pelemis, G. Stiesch // CI-MAC Congress 2010, Bergen. - Paper № 274,14r.
14. Topливо i toplivnye sistemy sudovyh dizelej/ Pahomov YU.A., Korobkov YU.P., Dmitrievskij E.V., Vasil'ev G.L. Pod redakciej kand. tekhn. nauk Pahomova YU.A. - М.: RKonsul't, 2004. - 496 s.
15. Raevski, P. Snizhenie urovnya emissii oksidov sery na sudah morskogo flota. // Dvigatelsestroenie, 2007, №1. – S. 43-45.
16. Epihin A.I., Hudyakov S.A. Prakticheskie osobennosti modernizacii toplivnyh sistem i dvigatelej sudov portovogo flota dlya ispol'zovaniya spg v kachestve topliva. //Ekspluataciya morskogo transporta 2020. – №2(91)

УДК 629.5.015

DOI: 10.34046/aumsuomt95/16

МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЕТАЛЕЙ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ С ЭЛЕКТРОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

С.А. Худяков, доктор технических наук, профессор

М.М. Фролов, кандидат технических наук

Опыт эксплуатации судовых малооборотных дизелей с электронным управлением свидетельствует о том, что со временем появляются повреждения и отказы, связанные с естественными износами пар трения, особенно прецизионных, в силовой гидравлической системе, топливных насосах высокого давления и форсунках, а также выпускных клапанах с гидравлическим приводом. Дизелестроители судовых дизелей для повышения ресурсов указанных деталей широко используют новые более износостойкие и

жаропрочные материалы, т. к. высокоуглеродистые легированные стали нержавеющие стали, сплав на основе кобальта – стиллиты, сплавы на основе никеля – нимоники и инконели, в частности для выпускных клапанов.

Это повышает надёжность деталей, увеличивает межремонтные периоды и гарантирует длительный срок службы, снижает эксплуатационные затраты, не смотря на некоторое повышение стоимости этих деталей.

Ключевые слова: дизель, электронное управление, эксплуатация, детали, материалы, технологии, износы.

Operation of marine low-speed diesel engines with electronic drive indicates that over time, damage and failure occurred due to the natural deterioration of steam and hydraulic systems, high-pressure fuel pumps and nozzles, as well as exhaust valves with a hydraulic drive. To increase the resources, marine diesel engine decontaminators usually use new wear-resistant and heat-resistant materials, since high-carbon alloyed steels, stainless steel, cobalt-based alloys are styllites, nickel-based alloys are nimonics and inconels, in particular for exhaust valves. This increases the reliability of the parts, increases the overhaul periods and guarantees a long service life.

Key words: diesel engine, electronic control, operation, parts, materials, technologies, wear.

Основные материалы, используемые в современном дизелестроении, особенно при производстве судовых малооборотных дизелей (МОД), приведены в работе [1]. К ним относятся: стали (заготовки: литые, поковки, прокат), чугун, медные и алюминиевые сплавы, баббиты, керамика. Форсирование МОД типа KME, LME, SME, GME и серии GI фирмы MAN B&W, а так же фирмы Sulzer типа RTA, RT-flex, Win GD RT-flex, Win GD-X и Win GD-X-DF привело к повышению теплонпряженности деталей ЦПГ, особенно выпускных клапанов и деталей силовой гидравлической системы (СГС) [2-5, 10, 11]. Это стало причиной необходимости повышения надёжности этих машин (прежде всего ресурсов) за счёт применения новых материалов и технологий [3]. Началось широкое использование новых более износостойких и жаропрочных материалов, таких как высокоуглеродистые легированные стали, нержавеющие стали, сплавы на основе кобальта – стиллиты, сплавы на основе никеля – нимоники и инконели, в частности для выпускных клапанов. Это повышает надёжность деталей, увеличивает межремонтные периоды и гарантирует длительный срок службы, снижает эксплуатационные затраты, не смотря на некоторое повышение стоимости этих деталей.

В технологических процессах изготовления деталей, в том числе из новых материалов, стали применяются новые операции: наплавка специальных сплавов на посадочные поверхности выпускных клапанов, нанесение износостойких покрытий газопламенным напылением на штоки клапанов и т. п. При этом используются карбиды металлов, обладающие высокой твёрдостью и износостойкостью. Ранее выполнялись исследования по применению также нитридов, например, нитрида титана (TiN) плазменным напылением для поверхностей прецизионных пар трения (плунжеров ТНВД), что рассматривается в работах [8, 9]. Данный материал обладает высокой твёрдостью и температурой плавления, и абсолютной коррозионной стойкостью в любых средах.

Рассмотрим подробнее упомянутые материалы и их основные свойства.

Сталь марки SNCrW (3Cr20Ni10W2) высоколегированная нержавеющая (химический состав в % – C 0,22-0,30; Cr 18,0-22,0; Ni 9,00-11,00; W 1,80-2,20; Si 1,10; Mn 1,10; P 0,040; Nb; V) используется для выпускных клапанов с применением упрочняющих и антикоррозионных покрытий (рисунки 1 и 2). [12].

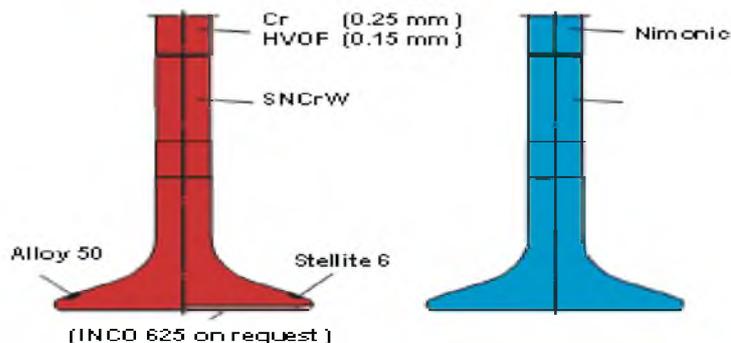


Рисунок 1 – Выпускные клапана МОД серии MC:

- 1 – хромирование (Cr 0,25 мм) или газопламенное напыление (HVOF 0,15 мм), 2 – Нержавеющая сталь SNCrW (3Cr20Ni10W2), 3 – Alloy 50 (Nimonic 50), 4 – стеллит Stellite 6, 5 – инконель INCO 625 по требованию, 6 – нимоник (Nimonic 80)

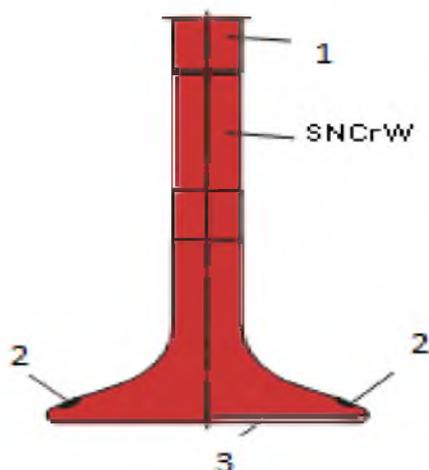


Рисунок 2 – Клапан МОД серии ME (46-98) со схемой упрочнения:
 1 – хромирование (0,25 мм), напыление газопламенное (HVOF 0,15 мм), 2 – наплавка инконеля 718,
 3 – наплавка инконеля 625, если требуется

Технология газопламенного напыления (HVOF – High Velocity Oxy-Fuel Process) дает возможность наносить карбид хрома CrC. Покрытия из карбида хрома эффективны в борьбе с большинством износов, таких как эрозия твердых частиц, истирание и кавитация, а также потенциально сокращают интервалы ремонта покрываемой детали. Твердое покрытие из карбида хрома для лучшей износостойкости типа H60 и H63 H60 / H63 H60 и H63 – это покрытия из карбида хрома с матрицей никель-хром 20% и 25%. Тепловое расширение этих покрытий составляет приблизительно $9,8 \times 10,6 \text{ м / м }^\circ \text{ К}$, что примерно соответствует стали ($\sim 12 \times 10,6 \text{ м / м }^\circ \text{ К}$) и никелевым сплавам ($\sim 13 \times 10,6 \text{ м / м }^\circ \text{ К}$), которые преобладают в машиностроении и принимают твердое покрытие.

Сталь **S85W6Mo** (химический состав в % – **C 0,85; W 6,0; Mo 1,0**) высоко-углеродистая легированная с высокой твердостью используется для деталей силовой гидравлической системы (СГС), например, для изготовления прецизионных пар типа золотников, а также для демпферов приводов ТНВД и выпускных клапанов [12].

Сплавы на основе кобальта – **стеллиты**. Основные легирующие элементы стеллитов: основа Co (47 – 62 % либо 30 – 55 %), Cr (27 – 33 либо 20 – 35 %), W (4 – 17 либо 9 – 15 %), Fe (менее 5 %), C (1 – 2,5 либо 1,3 – 2 %). Состав отечественных стеллитовых прутков регламентирован ГОСТ 21449-75.

На производстве стеллитов специализируется английская фирма Deloro Stellite Ltd., которые имеют марки 1, 6, 12 (в таблице 1 с пометкой **).

Химический состав некоторых стеллитов приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав некоторых стеллитов

Стеллит	Легирующие элементы, % массы						
	Co	Cr	W	Fe	C	Ni	Si
ПР-ВЗК*	Осн.	28-32	4-5	1-1,3	1-1,3	0,5-2	2-2,7
В ВК2	Осн.	27-33	13-17	2	1,8-2,5	2-3	1-2
Стеллит 1**	Осн.	30	13	+	2,5	+	+
Стеллит 6	Осн.	28	4,5	+	1,2	+	+

* – отечественные стеллиты, ** – стеллиты фирмы Deloro Stellite Ltd. (+ – элементы присутствуют).

Стеллит применяют двумя способами: создавая из него детали методом литья и нанося данный сплав в виде покрытий путем напыления и наплавления. В первом случае он представлен в виде порошка, во втором – прутков, сварочных электродов и проволоки. Ковка для данных сплавов неприменима из-за малой пластичности. Наплавка стеллита возможна на поверхности из низколегированной, углеродистой, нержавеющей сталей и чугуна. Таким образом, можно выделить наплавочные и литые стеллиты. Рассмотренные

сплавы также ориентированы на различные методы производства.

Сплавы на основе никеля – инконели и нимоники.

Инконель (англ. Inconel) — семейство аустенитных никель-хромовых жаропрочных сплавов. Зарегистрированный торговый знак компании Special Metals Corporation. Инконель обычно применяется при высоких температурах. Химический состав некоторых инконелей приведен таблице 2.

Таблица 2– Химический состав инконелей 625 и 718

Inconel	Элемент (масс %)														
	Ni	Cr	Fe	Mo	Nb	Co	Mn	Cu	Al	Ti	Si	C	S	P	B
625	58	20-23	5	8-10	3,154,15	1	0,5	-	0,4	0,4	0,5	0,1	0,015	0,015	-
718	50-55	17-21	оста	2,8-3,3	4,8-5,5	1	0,35	0,2-0,8	0,061,1	0,3	0,3-0,5	0,0-8	0,015	0,015	0,0-0,06

Инконель часто используется в экстремальных по температуре условиях — газотурбинный двигатель, компрессор, химические аппараты, пароперегреватели. Инконель наносят как защитное покрытие аппаратов химической промышленности с помощью высокоскоростного газопламенного напыления (HVOF). Например, жаропрочный сплав инконель 718, предназначен для

работы при температурах до 700 °С, один из наиболее распространённых сплавов семейства инконель. Сплав легко обрабатывается давлением и хорошо сваривается. Механические характеристики сплава приведены в таблице 3. График зависимости механических характеристик сплава от температуры приведен на рисунке 3.

Таблица 3 – Механические характеристики сплава инконель 718

Обработка	t _{исп.} , °С	Предел прочности σ _b , МПа	Предел текучести σ _{0,2} , МПа	Удлинение δ, %	Длительная прочность σ ₁₀₀₀ , МПа
Нагрев до 1065 °С и старение при 720 °С 8 ч.; охлаждение печи до 620 °С 12 ч.; охлаждение на воздухе	20	1430	1240	20,5*	-
	426	-	-	-	1120
	538	-	-	-	950
	648	-	-	-	530

*– относительное удлинение увеличивается с повышением температуры.

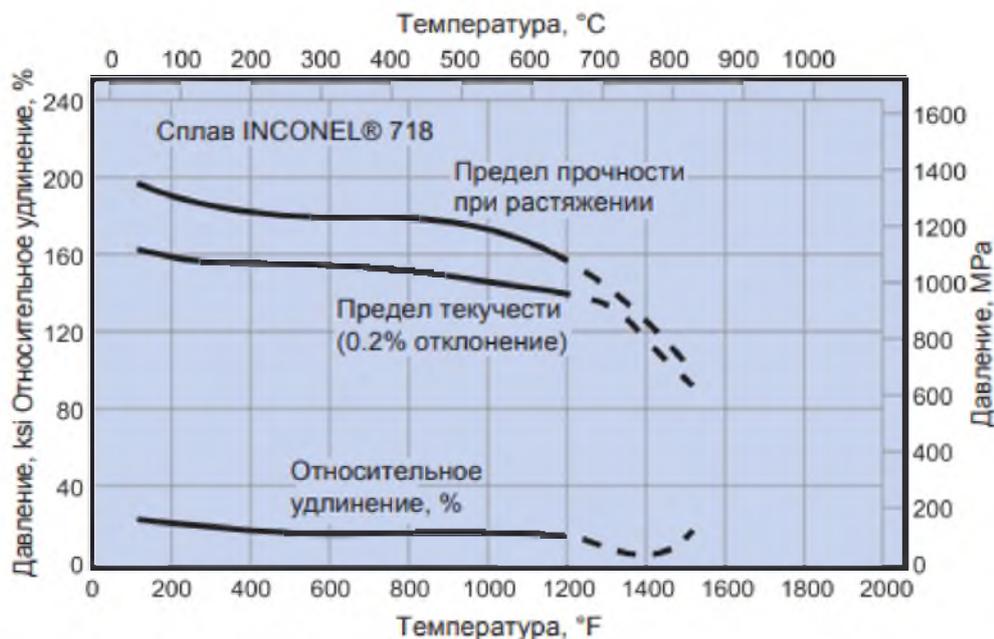


Рисунок 3 – Графики зависимости σ_b , $\sigma_{0.2}$ и δ сплава Inconel 718 от температуры (максимальная рабочая температура 700 °С)

Нимоники – сплавы на никелевой основе, для которых основными легирующими элементами являются: W, Mo, Nb, V, Fe, C, Si, Mn, Cr, Ni, Ti, Al. Химический состав некоторых нимоников приведен в таблице 4.

Нимоники, аналогично инконьям, обладают повышенной жаропрочностью и коррозионной стойкостью при повышенных температурах,

широко используются для газотурбинных двигателей и ДВС – для выпускных клапанов, особенно судовых МОД, сплав Alloy 50 (тоже Nimonic 50), имеющий следующие характеристики: $\sigma_b = 700-950$ и $\sigma_{0.2} = 370$ МПа, $\delta = 35\%$ [Metalcor GmbH: Essen, Germany. info@metalcor.de | www.metalcor.de].

Таблица 4 – Химический состав некоторых сплавов (нимоников)

Нимоники	Легированные элементы, %								
	W	Mo	V	Fe	C	Mn	Cr	Ni	Ti
ХН78Т*	0,1-0,45	25-27	1,4-1,7	до 0,8	0,8	0,2	19-22	Осн.	0,15-0,35
ХН65МВТЮ	8,5-10	3,5-4,5	-	до 3,0	0,05	0,5	15-17	Осн.	1,2-1,6
Nimonic 80A	-	-	-	0,06	-	Al 1,3	19,5	74,7	2,5
Nimonic 50**	-	3,0	-	-	0,03	5,0	21	16	-

* – Старые обозначения: ЭИ435 и ЭИ893; ** – Nimonic 50 или Alloy 50 (Trade name).

Сплав Nimonic 50 в составе, помимо данных таблицы 4, имеет Si 1,0; N 0,3 и Nb 0,25.

На рисунке 4 приведены фотографии посадочных поверхностей выпускных клапанов МОД серии МС после различных способов упрочнения

с наработками, значительно превышающими ресурсные показатели фирмы MAN B&W [4]. Особого внимания заслуживает нижнее фото с наработкой 33 500 часов, что на 40 % больше установленного фирмой ресурса.

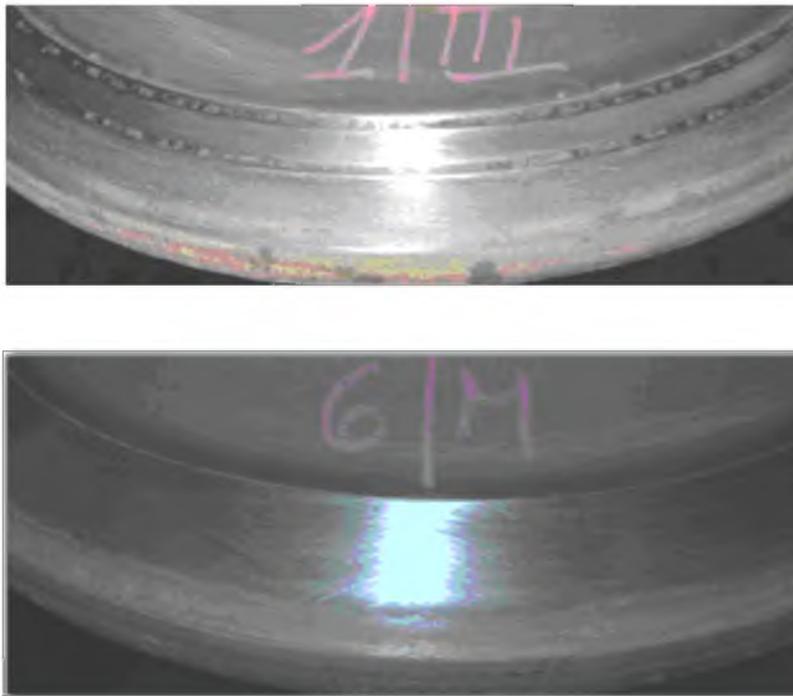


Рисунок 4 – Результаты эксплуатации выпускных клапанов МОД серии МС: *верхнее фото* – клапан из нимоника с W-образной контактной поверхностью двигателя S60MC после 25 500 часов наработки; *нижнее фото* – упрочнённый клапан (Dura Spindel) из нержавеющей стали с W-образной контактной поверхностью также двигателя S60MC после 33 500 часов наработки (при ресурсе клапанов – 24 тыс. часов по данным фирмы MAN B&W [5])

Материалы выпускных клапанов МОД фирмы MAN B&W (хронология):

1983-1992: 26 – 50MC Alloy 50 60 – 90MC Stellite 6
 1992-2002: 26 – 50MC Alloy 50 60 – 90MC Nimonic
 2002- 26 – 50MC Dura spindle S50MC/60 – 90MC Nimonic

Упрочнение рабочих поверхностей шпинделя: 1983-1996: хромовое напыление (Cr stem coating), с 1996 года – газопламенное напыление (HVDF stem coating).

В заключении следует отметить, что применение новых материалов, особенно жаропрочных, коррозионно-стойких сплавов дало положительный результат, что подтверждается эксплуатацией МОД различных размерностей и серий. Несколько скромнее результаты по применению сталей в деталях СГС. Наблюдаются кавитационные разрушения поверхностей золотников, не

смотря на использование высокоуглеродистых легированных сталей [6]. Тем более при повышении давления до 300 бар в СГС новых двигателей фирмы Зульцер серий Win GD RT-flex, Win GD-X и Win GD-X-DF ухудшит условия возникновения кавитации, что следует ожидать и начинать использование кавитационно-стойких материалов с повышенной вязкостью.

Литература.

1. Kuiken K. Diesel Engine. V.1. Part 7. Use of materials for Diesel Engine: Omen, The Netherlands, July, 2008. – 509 p.
2. ME Exhaust Valve/0602: MAN B&W Diesel A/S, 2006. – 129 p.
3. Exhaust Valve: PrimeServ Academy. MAN B&W Diesel A/S, 2014. – 19 p.

4. Худяков С.А. Показатели надежности судовых малооборотных дизелей с электронным управлением / С.А. Худяков, А.В. Игнатенко// Материалы Междунар. НТК «Комплексные проблемы текущего состояния транспортного комплекса», – Новороссийск: ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова. 2020.
5. Худяков С.А. Современные судовые малооборотные дизельные двигатели: состояние, перспективы и проблемы / С.А. Худяков, А.В. Игнатенко// Эксплуатация морского транспорта, №1(94), 2020. – Новороссийск, ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова. – С. 143-154.
6. Худяков С.А. Усталостная прочность деталей судовых технических средств: монография / С.А. Худяков, Н.А. Тарануха, М.М. Фролов// – Новороссийск: РИО ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова, 2019. – 196 с. ISBN 978-5-89426-160-7.
7. Леонтьев Л.Б. Повышение надёжности судового оборудования технологическими методами. В 3 т. Том 3. Восстановление и упрочнение деталей / Л.Б. Леонтьев, В.Б. Хмелевская. – Владивосток: Морской государственный университет; Дальнаука, 2005. – 356 с.
8. Худяков С.А. Технологические методы восстановления и повышения износостойкости деталей машин: учеб. пособие / С.А. Худяков, Л.Б. Леонтьев.– Новороссийск: ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова, 2018. – 176 с.
9. Худяков С.А. Усталостная прочность деталей судовых технических средств: монография / С.А. Худяков, Н.А. Тарануха, М.М. Фролов. – Новороссийск: РИО ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова, 2019. – 196 с. ISBN 978-5-89426-160-7.
10. Худяков С.А. Анализ причин повреждений и отказов судовых технических средств: учеб. пособие / С.А. Худяков, А.В. Струтынский. – Новороссийск: ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова, 2020. –173 с.
11. Service Experience – Two-stroke engines. MAN B&W Diesel A/S, Copenhagen, Denmark, 2012. – 25 p. 2014. – 33 p.
2. ME Exhaust Valve/0602: MAN B&W Diesel A/S, 2006. – 129 p.
3. Exhaust Valve: PrimeServ Academy. MAN B&W Diesel A/S, 2014. – 19 p.
4. Hudyakov S.A. Pokazateli nadezhnosti sudovyh malooborotnyh dizelej s elektronnyim upravleniem / S.A. Hudyakov, A.V. Ignatenko// Materialy Mezhdunar. NTK «Kompleksnyye problemy tekushchego sostoyaniya transportnogo kompleksa», 2020. – Novorossiysk, GMU im. adm. F.F. Ushakova.
5. Hudyakov S.A. Sovremennyye sudovyye malooborotnyye dizel'nyye dvigateli: sostoyanie, perspektivy i problemy / S.A. Hudyakov, A.V. Ignatenko// Eksplyuatsiya morskogo transporta, №1(94) , 2020. – Novorossiysk, GMU im. adm. F.F. Ushakova. – S. 143-154.
- 6 Hudyakov S.A. Ustalostnaya prochnost' detalej sudovyh tekhnicheskikh sredstv: monografiya / S.A. Hudyakov, N.A. Taranuha, M.M. Frolov// – Novorossiysk: RIO GMU im. adm. F.F. Ushakova, 2019. – 196 s. ISBN 978-5-89426-160-7.
7. Leont'ev L.B. Povyshenie nadyozhnosti sudovogo oborudovaniya tekhnologicheskimi metodami. V 3 t. Tom 3. Vosstanovlenie i uprochnenie detalej / L.B. Leont'ev, V.B. Hmelevskaya // – Vladivostok: Morskoy gosudarstvennyj universitet; Dal'nauka, 2005. – 356 s.
8. Hudyakov S.A. Tekhnologicheskie metody vossstanovleniya i povysheniya iznoso-stojkosti detalej mashin: ucheb. posobie / S.A. Hudyakov, L.B. Leont'ev//– Novorossiysk: Izd-vo GMU im. adm. F.F. Ushakova, 2018. – 176 s.
9. Hudyakov S.A. Ustalostnaya prochnost' detalej sudovyh tekhnicheskikh sredstv: monografiya / S.A. Hudyakov, N.A. Taranuha, M.M. Frolov// – Novorossiysk: RIO GMU im. adm. F.F. Ushakova, 2019. – 196 s. ISBN 978-5-89426-160-7.
10. Hudyakov S.A. Analiz prichin povrezhdenij i otkazov sudovyh tekhnicheskikh sredstv: ucheb. posobie / S.A. Hudyakov, A.V. Strutyinskij// – Novorossiysk: Izd-vo GMU im. adm. F.F. Ushakova, 2020. –173 s.
11. Service Experience – Two-stroke engines. MAN B&W Diesel A/S, Copenhagen, Denmark, 2012. – 25 p. 2014. – 33 p.

REFERENCES

УДК 330.4:574

DOI: 10.34046/aumsuomt95/17

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОЧИСТКИ СУДОВЫХ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ВОД

С.С. Ходжаев, аспирант

Н.А. Страхова, доктор технических наук, профессор

В статье приводится расчет экономической эффективности систем очистки судовых нефтесодержащих вод по упрощенной модели экономического стимулирования, учитывающая такой показатель, как норма штрафа за загрязнение моря нефтью с судов. Оценка эффективности системы очистки основана