

СУДОВОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

SHIP POWER EQUIPMENT

УДК 621.43.018.7:536.8

DOI: 10.37890/jwt.vi78.418

Проектная оценка диапазона допустимых режимов эксплуатации судового двухтактного дизеля

В.Л. Колюков

Керченский государственный морской технологический университет, г Керчь, Россия

Аннотация. В практике эксплуатации судовых дизелей в качестве ограничительной характеристики по механической напряженности используют характеристику, соответствующую постоянному эффективному моменту, который пропорционален среднему эффективному давлению. Относительно ограничительных характеристик по тепловой напряженности такой однозначности не существует. Ограничения по тепловой напряженности дизеля зависят от его конструктивных особенностей и эффективности системы охлаждения цилиндропоршневой группы. На стадии проектирования дизеля важно заблаговременно оценить соответствие эксплуатационных характеристик техническому заданию.

В работе выполнены расчетно-теоретические исследования эксплуатационных параметров главного судового двухтактного дизеля, работающего по винтовой характеристике, которые влияют на его механическую и тепловую напряженность, определены предполагаемые ограничительные характеристики механической и тепловой напряженности. Исследования выполнены для широких диапазонов изменения коэффициента утяжеления винтовой характеристики и относительной мощности дизеля. Приведены предполагаемые проектные диапазоны режимов эксплуатации дизеля, исключающие его механическую и тепловую перегрузку, дана оценка допустимого утяжеления винтовой характеристики. Выполнены сравнения полученных результатов с характеристиками судового четырехтактного дизеля.

Ключевые слова: дизель, эксплуатационные параметры, нагрузка, винтовая характеристика, ограничительная характеристика, тепловая напряженность, механическая напряженность.

Design assessment of the range of permissible operation modes of a marine two-stroke diesel engine

Viacheslav L. Konyukov

Kerch State Marine Technological University, Kerch, Russia

Abstract. In the practice of operating marine diesel engines, as a limiting characteristic for mechanical stress, a characteristic corresponding to a constant effective torque, which is proportional to the average effective pressure, is used. There is no such unambiguity regarding the restrictive characteristics of thermal intensity. Limitations on the thermal stress of a diesel engine depend on its design features and the efficiency of the cooling system of the cylinder-piston group. At the diesel engine design stage, it is important to assess in advance whether the operational characteristics correspond to the technical specifications.

The work carried out computational and theoretical studies of the operational parameters of the main marine two-stroke diesel engine operating according to the screw characteristic, which affect its mechanical and thermal stress, and determined the expected limiting characteristics of the mechanical and thermal stress. The studies were carried out for wide ranges of changes in the weight coefficient of the screw characteristics and the relative power

of the diesel engine. The estimated design ranges of diesel operating modes are given, excluding its mechanical and thermal overload, and an assessment of the permissible weighting of the screw characteristics is provided. The results obtained were compared with the characteristics of a marine four-stroke diesel engine.

Keywords: diesel, operational parameters, load, screw characteristic, limiting characteristic, thermal stress, mechanical stress.

Введение

Главные двигатели транспортных судов должны обеспечивать все спецификационные режимы эксплуатации при любых воздействиях внешних факторов на пропульсивный комплекс [1]. К таким внешним факторам относятся: повышенное волнение моря, обрастание корпуса судна, буксирование веза, увеличение шероховатости лопастей гребного винта и др., изменение которых сопровождается изменением винтовой характеристики, что оценивается коэффициентом ее утяжеления [2], [3]. При утяжелении винтовой характеристики изменяется соотношение расходов топлива и воздуха дизеля, что вызывает уменьшение коэффициента избытка воздуха при горении. При этом изменяются максимальная температура сгорания топлива и максимальное давление цикла, что приводит к повышению тепловой и механической напряженности элементов цилиндропоршневой группы дизеля [4]. Для исключения перегрузки дизеля при утяжелении винтовой характеристики снижают частоту вращения, что дополнительно уменьшает расход воздуха и, следовательно, коэффициент избытка воздуха при горении. Допустимые нагрузки главного дизеля, работающего на винт фиксированного шага, в диапазоне винтовых характеристик от швартовой до свободного хода в балласте, ограничены рядом эксплуатационных показателей, определяющих ограничительные характеристики, за пределами которых эксплуатация дизеля не допускается [5].

Инструкции на эксплуатацию судовых дизелей содержат результаты тестовых заводских испытаний, которые получены для винтовой характеристики номинального режима эксплуатации, а также рекомендации по использованию диапазона допустимых нагрузок, исключающих его перегрузку [6]. Фирмы, выпускающие судовые дизели, не считают возможным делиться информацией относительно назначения ограничительных характеристик даже с персоналом, обслуживающим дизели. При этом возникают проблемы в обобщении материалов по эксплуатации дизеля и принятия решений, особенно для внештатной ситуации. Различные дизельные фирмы по-разному подходят к установлению ограничительных характеристик, определяющих допустимые режимы эксплуатации, особенно в отношении тепловой напряженности [2]. Следует отметить, что каждый двигатель по-своему реагирует на изменение внешних и внутренних факторов на пропульсивный комплекс.

Судовой дизель – сложное дорогостоящее сооружение, поэтому основным методом исследований является расчетно-теоретический. Установление несоответствия расчетных диапазонов допустимых режимов эксплуатации дизеля техническому заданию при проектировании позволит своевременно внести соответствующие корректировки, сократив расходы на создание нового двигателя.

Целью работы является проектная оценка диапазона допустимых эксплуатационных нагрузок судового двухтактного дизеля, работающего на винт фиксированного шага для широкого интервала изменения коэффициента утяжеления винтовой характеристики по результатам тепловых расчетов.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования в предлагаемой работе является судовой двухтактный дизель с газотурбинным наддувом 7S50MC, который используется в качестве главного двигателя на морских судах с прямой передачей механической энергии на винт фиксированного шага. Характеристики двигателя приведены в работе [7].

Исследования проводились расчетно-теоретическим способом, в основу алгоритма которого положен широко известный теоретический метод анализа рабочего процесса на основе физической сути явлений в цилиндре дизеля, получивший название «метод Гриневецкого-Мазина». По алгоритму была составлена программа для ЭВМ [8]. Настройка программы проводилась по результатам тестовых заводских испытаний, которые принимались за эталонные.

Методика проведения исследований и обработки полученных результатов приведена в работе [9].

Коэффициент утяжеления винтовой характеристики принимался в диапазоне $0,25 \leq \bar{C} \leq 3,6$, а относительная мощность дизеля для каждой винтовой характеристики изменялась в диапазоне $0,25 \leq \bar{N}_e \leq 1,0$. Режим для $\bar{C}=3,6$ соответствовал характеристике швартовых испытаний.

Анализ эксплуатационных параметров проводился для относительных значений, которые находились из соотношений

$$\bar{B} = \frac{B}{B_0}, \quad \bar{n} = \frac{n}{n_0}, \tag{1}$$

где B – значение параметра или критерия, соответствующего частоте вращения n конкретной винтовой характеристики;

B_0, n_0 – значения параметра и частоты вращения, соответствующие стопроцентной мощности номинальной винтовой характеристики.

Давление наддува при переходе на утяжеленную винтовую характеристику определялось методом последовательных приближений с использованием гидравлической характеристики турбины турбокомпрессора, полученной для номинальной винтовой характеристики. Гидравлическая характеристика представляет зависимость степени понижения давления в турбине e_T от расхода газа через турбину G_T , графическое изображение которой представлено на рис.1. На поле диаграммы показана аппроксимационная зависимость $e_T = f(G_T)$ и достоверность аппроксимации.

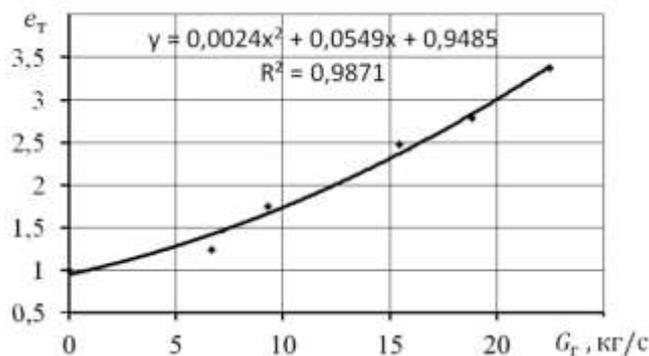


Рис. 1. Гидравлическая характеристика турбины турбокомпрессора

Изменение параметров рабочего тела по циклу дизеля при переходе на утяжеленную винтовую характеристику влияет на состояние деталей цилиндропоршневой группы, определяющих надежность двигателя, особенно в

режиме приработки [10]. Надежность дизеля косвенно оценивается показателями тепловой и механической напряженности.

Механическую напряженность дизеля рекомендуют оценивать максимальным давлением по циклу p_z , превышение значения которого, установленного для номинального режима эксплуатации не допускается, средним эффективным давлением p_e , средним давлением за время цикла, максимальной скоростью нарастания давления $\frac{dp}{d\varphi}$ [5]. Первые три параметра можно отнести к статическим показателям, последний к динамическим. Практика эксплуатации судовых дизелей показала, что определяющими показателями механической напряженности являются p_z и p_e [2].

Для оценки теплонапряженности деталей цилиндропоршневой группы при изменении режима работы дизеля рекомендуют использовать параметры и критерии: температуру отработавших в цилиндрах газов T_t ; средний тепловой поток от газов к охлаждающей воде q_c ; критерий теплонапряженности поршня K_p ; критерий теплонапряженности втулки цилиндров K_c [11], [12]. В связи с тем, что производители дизелей не считают возможным делиться экспериментальными результатами, полученными для ряда эксплуатационных параметров и ограничительных характеристик, даже с персоналом, обслуживающим двигатели, в последнее время для оценки теплонапряженности дизелей стали использовать температуру газов в конце расширения в цилиндре T_b , влияющую на тепловое состояние выпускного клапана [3]. Какие из перечисленных параметров являются определяющими при назначении ограничительной характеристики дизельные фирмы не указывают.

Для проведения сравнительного анализа диапазона допустимых нагрузок дизеля за предельно допустимые значения перечисленных показателей приняты величины, соответствующие режиму полной мощности номинальной винтовой характеристики и согласованные с результатами тестовых испытаний.

Построению ограничительных характеристик предшествовала аппроксимация зависимостей относительной частоты вращения от относительных значений перечисленных параметров и критериев для ряда коэффициентов утяжеления винтовой характеристики. Следует отметить, что в данном случае отношение текущих параметров выполнялось относительно значений, соответствующих $\bar{N}_e=1,0$ для конкретной винтовой характеристики с коэффициентом утяжеления \bar{C} . В качестве примера на рис.2 показана зависимость относительной частоты вращения от средней относительной температуры газа за цилиндром с учетом перемешивания с продувочным воздухом для винтовой характеристики с коэффициентом утяжеления $\bar{C}=2$. На поле диаграммы приведена соответствующая регрессионная зависимость, по которой вычислялась относительная частота вращения для предельно допустимого значения T_t .

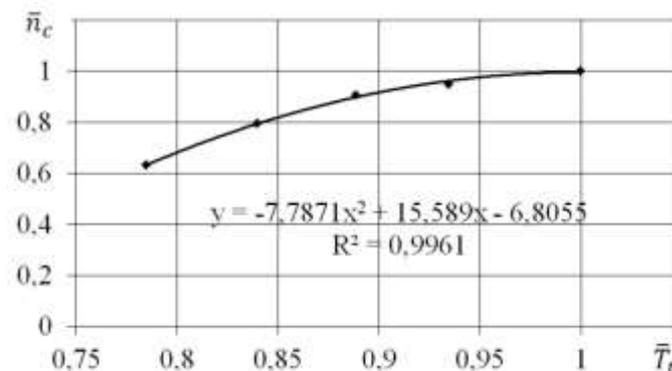


Рис. 2. Зависимость относительной частоты вращения от средней относительной температуры газа за цилиндром для винтовой характеристики с коэффициентом утяжеления $\bar{C}=2$

Для представления ограничительных характеристик на итоговой диаграмме, соответствующей номинальной винтовой характеристике определялось новое значение относительной частоты по формуле

$$\bar{n} = \bar{n}_c \sqrt[3]{\frac{1}{\bar{C}}}. \quad (2)$$

Мощность, соответствующая предельно допустимому параметру ограничительной характеристики для конкретного \bar{C} , определялась по выражению

$$\bar{N}_e = \bar{C} \bar{n}^3. \quad (3)$$

Результаты исследования и их обсуждение

Итоговая диаграмма предполагаемых ограничительных характеристик, полученных расчетно-теоретическим способом для различных режимов работы дизеля представлена на рис.3. Зона возможных режимов работы дизеля находится между швартовной винтовой характеристикой (крайняя левая среди утяжеленных винтовых характеристик 2 с коэффициентом утяжеления $\bar{C}=3,6$) и облегченной характеристикой (нижняя из облегченных характеристик 3, с коэффициентом утяжеления $\bar{C}=0,25$). Номинальная винтовая характеристика 1 проходит через точку А, соответствующую номинальному режиму эксплуатации. Не все участки указанной зоны допускают длительную эксплуатацию, когда показатели механической и тепловой напряженности не превышают предельных значений.

Исследования и опыт эксплуатации дизелей показали, что определяющими факторами механической напряженности являются максимальное давление сгорания p_z , превышение значения которого, установленного для номинального режима, не допускается и крутящий момент дизеля M_e , пропорциональный среднему эффективному давлению p_e . На диаграмме ограничительная характеристика $M_e = const$ (позиция 8) расположена ниже ограничительной характеристики $p_z = const$ (позиция 12), поэтому режимы между этими характеристиками будут соответствовать превышению предельно-допустимого значения M_e . Выше отмечалось, что оценка влияния динамического показателя механической напряженности - максимальной скорости нарастания давления $\frac{dp}{d\varphi}$ на надежность дизеля требует проведения дополнительных исследований. Ограничительная характеристика $\frac{dp}{d\varphi} = const$ (позиция 13) близка к ограничительной характеристики $p_z = const$, в связи с этим на режимах эксплуатации, расположенных на диаграмме ниже ограничительной характеристики $M_e = const$ значения p_z и $\frac{dp}{d\varphi}$ будут ниже предельно допустимых.

В процессе исследований мощных дизелей с турбонаддувом было подтверждено, что характеристика $M_e = const$ не удовлетворяет в полной мере условию работы дизелей без тепловой перегрузки [2]. Ограничительная характеристика по тепловой напряженности, предусматривающая ограничения по конкретным эксплуатационным параметрам, зависит от конструктивных решений охлаждения деталей цилиндропоршневой группы. В связи с этим ограничительная характеристика по тепловой напряженности для каждого типа дизеля определяется экспериментальным путем в процессе длительных и всесторонних испытаний, что является дорогостоящим мероприятием. Дизельные фирмы «МАН» и «Бурмейстер и Вайн» в отличие от фирмы «Зульцер» разрешают длительную эксплуатацию дизеля по

характеристике $M_e = const$ в диапазоне частоты вращения (0,95-1,03) n . Фирма «Зульцер» расширила этот диапазон до (0,9-1,03) n .

Максимальную температуру цикла T_z не считают определяющим параметром тепловой напряженности. Это связано с тем, что T_z в процессе эксплуатации не контролируется, изменяется циклично и за время цикла имеет короткую продолжительность. Однако она влияет на температуру газа в характерных точках цикла и, соответственно, на факторы, определяющие тепловую напряженность дизеля. На рис.3. приведена характеристика $T_z = const$ (позиция 4). Крутопадающий характер изменения характеристики свидетельствует о существенном повышении T_z с утяжелением винтовой характеристики.

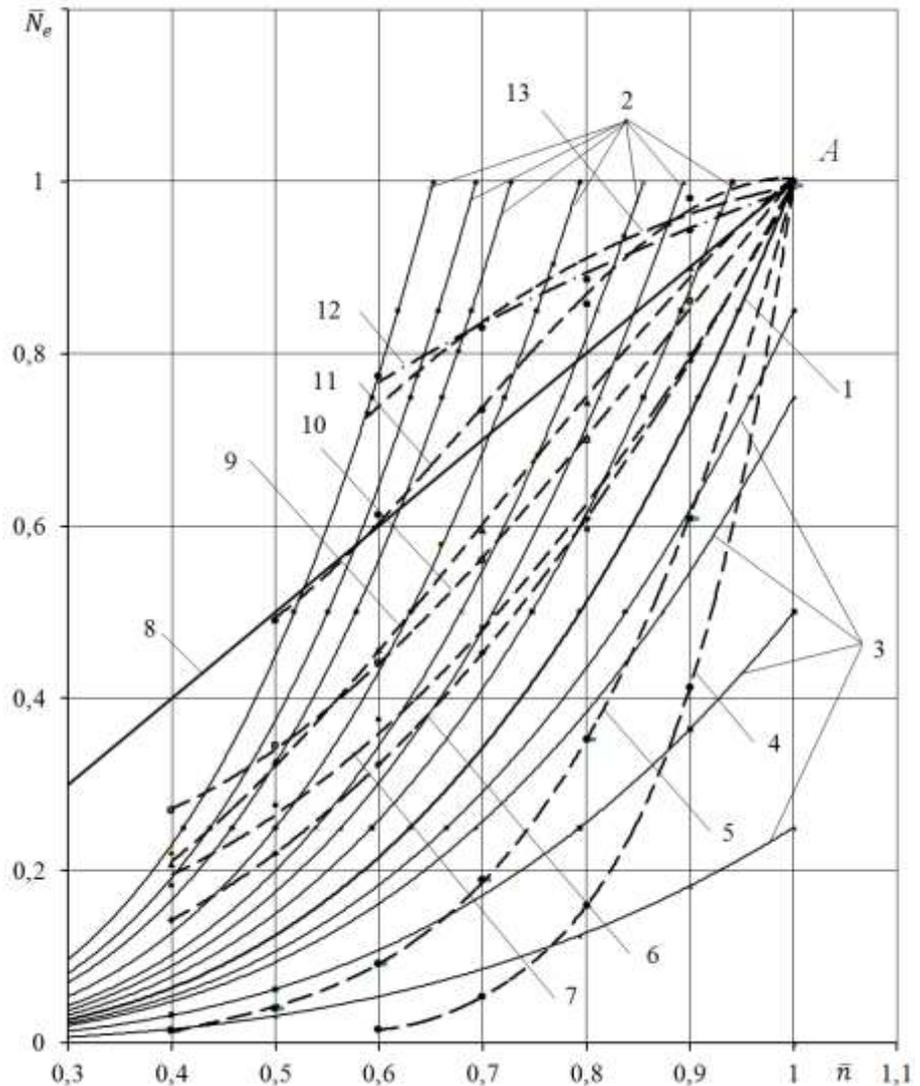


Рис. 3. Диаграмма анализа допустимых режимов работы двухтактного дизеля

В ряде случаев теплонпряженность дизеля рекомендуют оценивать средним удельным тепловым потоком от газов к охлаждающей воде q_c , который зависит от средней температуры рабочего тела за время цикла T_{cp} [11]. Характеристика $T_{cp} =$

$const$ (позиция 5) также, как и $T_z = const$ соответствует интенсивному снижению мощности дизеля с уменьшением частоты вращения, что свидетельствует о существенном увеличении T_{cp} с утяжелением винтовой характеристики. Тепловой поток q_c имеет меньшую интенсивность изменения, о чем свидетельствует более пологая характеристика $q_c = const$ (позиция 10). Это можно объяснить снижением коэффициента теплоотдачи от газов к стенке цилиндра при замедлении рабочих процессов двигателя с уменьшением частоты вращения при утяжелении винтовой характеристики.

Предельно допустимое тепловое состояние поршня может быть оценено критерием K_{π} , предложенным А.К. Костиным [5]. Ограничительная характеристика $K_{\pi} = const$ (позиция 9), по интенсивности изменения, практически, соответствует $q_c = const$. Следует отметить, что K_{π} имеет линейную взаимосвязь с температурами отдельных точек поршня и по характеру его изменения можно судить об изменении температуры поршня.

Теплонапряженность втулки цилиндра С.В. Камкин рекомендует оценивать критерием K_c [12]. Характер изменения ограничительной характеристики $K_c = const$ (позиция 13) свидетельствует о слабой зависимости этого критерия от коэффициента утяжеления винтовой характеристики.

Наиболее доступным и наглядным параметром, косвенно оценивающим теплонапряженность цилиндропоршневой группы дизеля, является температура отработавших в цилиндре газов T_t [12]. Ограничительная характеристика $T_t = const$ (позиция 6) является достаточно круто падающей, что означает существенное увеличение T_t при утяжелении винтовой характеристики. Ограничительная характеристика $T_b = const$ (позиция 7), практически, изменяется аналогично $T_t = const$, следовательно при утяжелении винтовой характеристики интенсивность изменения температуры газа в конце процесса расширения в цилиндре соответствует интенсивности изменения T_t .

Сопоставляя полученные характеристики по параметрам и критериям механической и тепловой напряженности можно сделать вывод, что для данного дизеля определяющей по тепловой напряженности является характеристика $T_t = const$.

На основании расчетно-теоретических исследований, с учетом рекомендаций дизельной фирмы «МАН» определена зона режимов работы дизеля, допускающих длительную эксплуатацию, которая представлена на рис.4. Эта зона ограничена фигурой $ABCDE$. Следует отметить, что ограничительная характеристика по тепловой напряженности (кривая 2) построена из условия плавного перехода из точки B к ограничительной характеристике $T_t = const$. Дизельная фирма «МАН» разрешает длительную эксплуатацию дизеля по характеристике $M_e = const$ в диапазоне частоты вращения $(0,95-1,03) \bar{n}$ (участок AB).

Аналогичные исследования, выполненные для четырехтактного дизеля марки 8L 58/64 фирмы «МАН», показали, что определяющей для тепловой напряженности является характеристика $T_b = const$ [9]. Это указывает на тот факт, что диапазон режимов длительной эксплуатации зависит от конструктивных особенностей дизеля и организации системы охлаждения цилиндропоршневой группы.

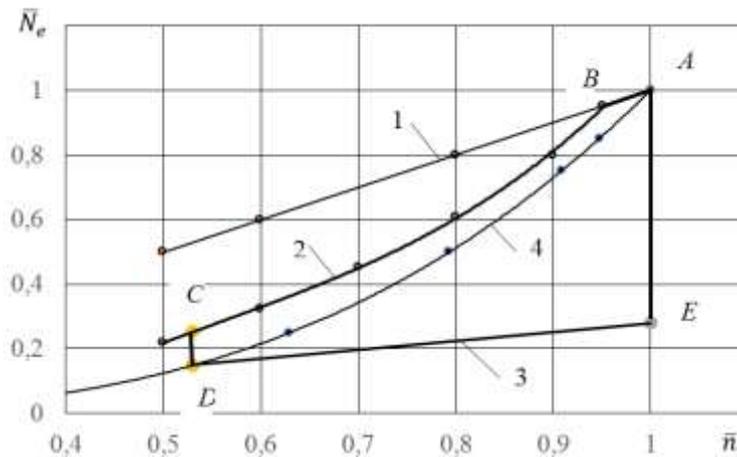


Рис. 4. Зона режимов работы дизеля, допускающих длительную эксплуатацию:

1 – ограничительная характеристика $M_e = const$; 2 – ограничительная характеристика по тепловой напряженности; 3 – характеристика холостого хода; 4 – номинальная винтовая характеристика.

Выводы

Выполненные расчетно-теоретические исследования позволили определить предполагаемый диапазон режимов, допускающий длительную эксплуатацию дизеля. Использование аналогичного исследования на стадии проектирования дизелей позволит заблаговременно оценить соответствие предлагаемого проекта техническому заданию и, при необходимости, внести соответствующие корректировки.

Сравнение расчетных ограничительных характеристик построенным по рекомендуемым параметрам и критериям тепловой напряженности показали, что для данного дизеля определяющей является характеристика $T_t = const$.

При нормальных условиях эксплуатации, соответствующих номинальной винтовой характеристике, дизель будет работать без перегрузок по механической и тепловой напряженности для диапазона частот вращения от минимально устойчивых до номинальных. Аналогичные условия эксплуатации сохранятся при утяжелении винтовой характеристики на 40%.

Список литературы

1. Конюков В.Л. Сравнение показателей напряженности главного двигателя буксиратора при работе в режимах буксировки и толкания. Научные проблемы водного транспорта. Нижний Новгород 2023, №75 (2) С. 118-126 DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi75/373>
2. Кацман Ф.М. Эксплуатация пропульсивного комплекса морского судна. М.: Транспорт, 1987 – 223 с.
3. Горб С.С., Сандлер А.К., Будуров Н.И. Повышение эффективности работы главного двигателя корректировкой упора гребного винта. Автоматизация судовых технических средств. Вып. 25, 2019, с. 35-52
4. Васькевич Ф.А., Зубко С.С. Оценка параметров рабочего процесса главного судового дизеля по данным эксплуатационных испытаний. Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки, 2018, №3, с. 89-94. <https://dx.doi.org/10.17213/0321-2653-2018-3-83-94>
5. Возницкий И.В., Иванов Л.А. Предотвращение аварий судовых двигателей внутреннего сгорания. – М.: Транспорт, 1971. – 191 с.

6. Diesel Facts. A Technical Customer Magazine of MAN Diesel & Turbo. 3/2013, P. 12.
7. Конюков В.Л. Влияние коэффициента избытка воздуха при горении на показатели напряженности двухтактного дизеля в широком диапазоне режимов. // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер.: Морская техника и технология. Астрахань, 2020. №3. – С, 54-61. DOI: 10/24143/2073-1574-2020-3-54-63.
8. Свидетельство RU2022685277 Российская Федерация. Программа расчета параметров рабочего процесса дизеля с наддувом «Diesel K»: программа для ЭВМ / А.Н. Горбенко. – Оpubл. 22.12.2022, Бюл. №1.
9. Конюков В.Л. Анализ эксплуатационных параметров судового четырехтактного дизеля при изменении винтовой характеристики. // Вестник керченского государственного морского технологического университета. Керчь 2023. Вып.2 С.54-63 DOI: 10.26296/2619-060552023.2.2.005
10. Матвеев Ю.И., Храмов М.Ю., Колыванов В.В., Курицын С.Ю. Повышение работоспособности деталей цилиндропоршневой группы судовых дизелей. Научные проблемы водного транспорта. Нижний-Новгород 2023, №76 (3) С. 99-110. DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi76/400>
11. Гаврилов В.С., Камкин С.В., Шмелев В.П. Техническая эксплуатация судовых дизельных установок. Учебное пособие для вузов. – Изд. 3-е перераб. И доп. М.: Транспорт, 1985. – 288 с.
12. Олейников Б. Н. Техническая эксплуатация дизелей судов флота рыбной промышленности. М.: Агропромиздат, 1986. 269 с.

References

1. Konyukov V.L. Sravnenie pokazatelei napryazhennosti glavnogo dvigatelya buksira-tolkacha pri rabote v rezhimakh buksirovki i tolkaniya. [Comparison of tension indicators of the main engine of a pusher tug when operating in towing and pushing modes]. Nauchnye problemy vodnogo transporta. [Scientific problems of water transport]. Nizhnii-Novgorod 2023, №75 (2) P. 118-126 DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi75/373> (In Russian)
2. Katsman F.M. Ekspluatatsiya propulsivnogo kompleksa morskogo sudna. [Operation of a propulsive complex of a marine vessel]. M.: Transport. 1987 – 223 p. (In Russian)
3. Gorb S.S., Sandler A.K., Budurov N.I. Povysheniye effektivnosti raboty glavnogo dvigatelya korrekcirovkoy upora grebnogo vinta. [Improving the efficiency of the main engine by adjusting the propeller stop]. Avtomatizatsiya sudovykh tekhnicheskikh sredstv. [Automation of ship technical means]. Vyp. 25. 2019. pp. 35-52 (In Russian)
4. Vaskevich F.A., Zubko S.S. Otsenka parametrov rabocheho protsessa glavnogo sudovogo dizelya po dannym ekspluatatsionnykh ispytaniy. [Evaluation of the parameters of the working process of the main marine diesel engine according to operational tests] Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskiy region. Tekhnicheskiye nauki. [News of universities. The North Caucasus region. Technical sciences], 2018. №3. pp. 89-94. <https://dx.doi.org/10.17213/0321-2653-2018-3-83-94> (In Russian)
5. Voznitskiy I.V., Ivanov L.A. Predotvrashcheniye avariyy sudovykh dvigateley vnutrennego sgoraniya. [Prevention of accidents of marine internal combustion engines]. – M.: Transport. 1971. – 191 s. (In Russian)
6. Diesel Facts. A Technical Customer Magazine of MAN Diesel & Turbo. 3/2013, P. 12.
7. Koniukov V. L. Vliianie koeffitsienta izbytkha vozdukha pri gorenii na pokazateli napriazhennosti dvukhtaktnogo dizelia v shirokom diapazone rezhimov [Influence of excess air ratio during combustion on tension indicators of two-stroke diesel engine in wide range of modes]. Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya, [Bulletin of Astrakhan State Technical University. Ser.: Marine engineering and technology] 2020, no. 3, pp. 54-61. DOI: 10/24143/2073-1574-2020-3-54-63 (In Russian)
8. Svidetelstvo RU2022685277 Rossiyskaya Federatsiya. Programma rascheta parametrov rabocheho protsessa dizelya s nadduvom «Diesel K»: programma dlya EVM Certificate RU2022685277 Russian Federation. [The program for calculating the parameters of the working process of a supercharged diesel "Diesel K": computer program] / A.N. Gorbenko. – Opubl. 22.12.2022. Byul. №1. (In Russian)
9. Konyukov V.L. Analiz ekspluatatsionnykh parametrov sudovogo chetyrehtaktnogo dizelya pri izmenenii vintovoi kharakteristiki. [Analysis of the operational parameters of a marine

- four-stroke diesel engine when changing the propeller characteristics] Vestnik kerchenskogo gosudarstvennogo morskogo tekhnologicheskogo universiteta. [Bulletin of the Kerch State Marine Technological University] Kerch 2023. Vyp.2 P.54-63 DOI: 10.26296/2619-060552023.2.2.005 (In Russian)
10. Matveev YU.I., Khramov M.YU., Kolyvanov V.V., Kuricyn S.YU. Povyshenie rabotosposobnosti detalej cilindroporshnevoj gruppy sudovykh dizelej [Improving the performance of parts of the cylinder-piston group of marine diesel engines] Nauchnye problemy vodnogo transporta. [Scientific problems of water transport] Nizhnij-Novgorod 2023, №76 (3) P. 99-110. DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi76/400> (In Russian)
 11. Gavrilov V.S., Kamkin S.V., Shmelev V.T. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya sudovykh dizelnykh ustanovok [Technical operation of marine diesel installations]. [Tekst] Uchebnoye posobiye dlya vuzov. 3-e izdaniye pererab. i dop M.: Transport. 1985. – 288 p.
 12. Oleinikov B. N. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya dizelei sudov flota rybnoi promyshlennosti [Technical operation of diesel engines on fishing vessels]. Moscow, Agropromizdat, 1986. 269 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Конюков Вячеслав Леонтьевич, канд. техн. наук, доцент кафедры судовых энергетических установок. Керченский государственный морской технологический университет. 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82, e-mail: seykgmtu@mail.ru

Viacheslav L. Konyukov, Ph.D. (Engin.), Associate Professor at the department of ship power plants. Kerch State Maritime Technological University. 298309, Republic of Crime, Kerch, Ordzhonikidze str., 82, e-mail: seykgmtu@mail.ru

Статья поступила в редакцию 07.11.2023; опубликована онлайн 20.03.2024.
Received 07.11.2023; published online 20.03.2024