

Научные труды Дальрыбвтуза. 2023. Т. 65, № 3. С. 120–127.

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2023. Vol. 65, no 3. P. 120–127.

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ (ГЛАВНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ)

Научная статья

УДК 621.431.74.016

DOI: <https://doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2023-65-14>

Температурное состояние деталей камеры сгорания судового высокооборотного дизеля

Борис Иванович Руднев¹, Ольга Владимировна Повалихина²

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
Владивосток, Россия

^{1,2} povalichina@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты экспериментального исследования температурного состояния деталей камеры сгорания судового высокооборотного дизеля 8 ЧН 13/14. Они дают конструкторам возможность на этапе проектирования новых моделей судовых дизелей более достоверно задавать граничные условия по тепловому состоянию деталей камеры сгорания при использовании метода конечных элементов.

Ключевые слова: судовой дизель, детали камеры сгорания, температурное состояние, граничные условия

Для цитирования: Руднев Б.И., Повалихина О.В. Температурное состояние деталей камеры сгорания судового высокооборотного дизеля // Научные труды Дальрыбвтуза. 2023. Т. 65, № 3. С. 120–127.

MARINE POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS (MAIN AND AUXILIARY)

Original article

DOI: <https://doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2023-65-14>

Thermal condition of details combustion chamber of marine high speed diesel

Boris I. Rudnev¹, Olga V. Povalikhina²

Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

^{1,2} povalichina@mail.ru

Abstract. Results of experimental investigation of thermal condition of details combustion chamber of marine high speed diesel type 8ChN 13/14 are represented. They gave of designers possibility on during design of new models marine diesel more reliable task boundary conditions from thermal condition of details combustion chamber by use of finite element method.

Keywords: marine diesel, combustion chamber details, thermal condition, boundary conditions

For citation: Rudnev B.I., Povalikhina O.V. Thermal condition of details combustion chamber of marine high speed diesel. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2023;65(3):120–127. (in Russ).

Введение

В настоящее время при проектировании судовых дизелей широко используются различные системы автоматизированного проектирования. Однако из основных частей процесса проектирования является оценка теплового и напряженно-деформированного состояния (НДС) деталей камеры сгорания (КС). Для этой цели в большинстве программных комплексов используется метод конечных элементов (МКЭ) в различных постановках, в том числе и в трехмерном представлении [1–3]. Однако, несмотря на достаточно высокий уровень современных программных комплексов, задание адекватных граничных условий особенно при оценке теплового состояния деталей КС вызывает большие трудности. При этом точность расчетных оценок теплового и НДС деталей КС в основном зависит от достоверности задания граничных условий. В связи с отмеченным значительно возрастает роль достоверных экспериментальных данных по температурному состоянию деталей КС, позволяющих выполнить верификацию соответствующих математических моделей, построенных на основе МКЭ, и в итоге повысить качество проектирования судовых дизелей. Целью настоящей статьи является представление и обсуждение результатов экспериментального исследования температурного состояния деталей КС судового высокооборотного дизеля типа 8 ЧН 13/14.

Температурное состояние крышки цилиндра

Экспериментальные данные о температурном состоянии крышки цилиндра судового высокооборотного дизеля типа 8ЧН 13/14 получены при его испытании по нагрузочной и внешней скоростной характеристикам и представлены на рис. 1 и 2.

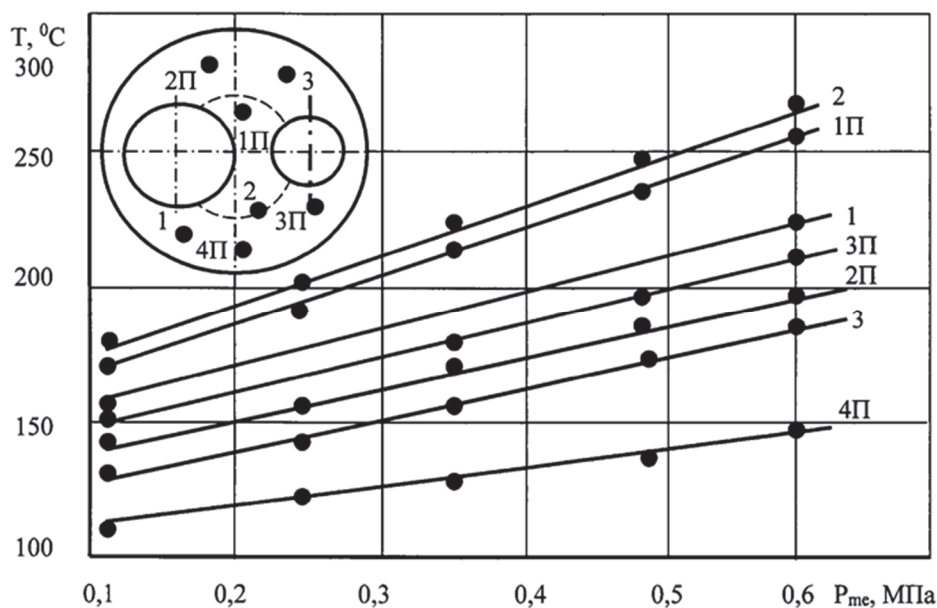


Рис. 1. Изменение температурного состояния крышки цилиндра дизеля 8 ЧН 13/14 при испытании по нагрузочной характеристике, $n=1700 \text{ мин}^{-1}$

Fig. 1. Variation of thermal condition of cap cylinder diesel 8 CHN 13/14 by experience from power characteristics, $n=1700 \text{ min}^{-1}$

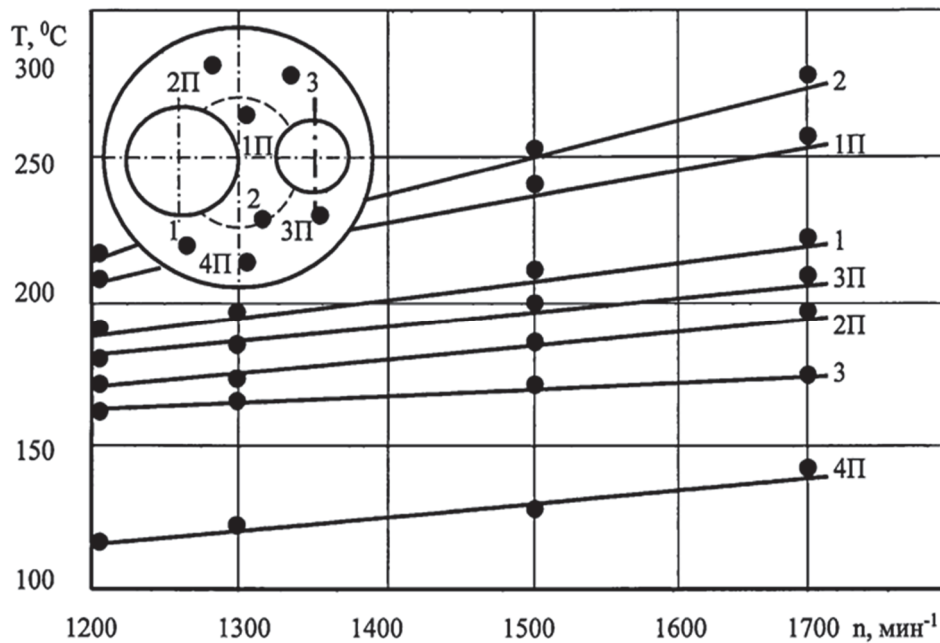


Рис. 2. Изменение температурного состояния крышки цилиндра дизеля 8 ЧН 13/14 при испытании по внешней скоростной характеристике
 Fig. 2. Variation of thermal condition of cap cylinder diesel 8 ChN 13/14 by experience from external of speed characteristics.

Измерение температур проводилось в семи точках огневой поверхности крышки цилиндра, при этом в точках 1, 2 и 3 были установлены хромель-копелевые термопары, а в точках 1П–4П поверхностные железоникелевые термоприемники. Для проведения экспериментального исследования использовался контрольно-измерительный комплекс, подробно описанный авторами настоящей статьи в работе [4]. Следует отметить, что для регистрации в точках 1П–4П средней температуры поверхностные железоникелевые термоприемники переключались на потенциометр постоянного тока ПП-63.

Анализ показанных на рис. 1 и 2 экспериментальных данных позволяет утверждать, что температурное поле крышки цилиндра дизеля 8 ЧН 13/14 отличается большой неравномерностью. Наибольшие значения температуры зарегистрированы в центральной части крышки, в частности над камерой в поршне (точки 1П и 2). На режиме номинальной нагрузки $P_{me}=0,61$ МПа и $n=1700$ min^{-1} температуры в точках 2 и 1П равны 268 $^{\circ}\text{C}$ и 258 $^{\circ}\text{C}$ соответственно. Изменение нагрузки от $P_{me}=0,12$ до $0,61$ МПа вызывает рост температуры во всех точках крышки цилиндра, однако относительное изменение температуры для разных точек неодинаково. Наибольшее изменение температуры отмечается опять же в центральной части крышки цилиндра. Увеличение нагрузки в указанных выше пределах приводит к изменению температуры в точке 2 в 1,6 раза, в точке 1П – в 1,4 раза и в точке 4П – в 1,3 раза, т.е. с удалением от центра крышки цилиндров (точки 4П, 3П и 3) относительное изменение температуры с ростом P_{me} уменьшается. Такой характер изменений температурного состояния крышки цилиндров может быть объяснен особенностями протекания процесса сгорания в полуразделенной КС, которая установлена на дизеле 8ЧН 13/14, и ее конструктивным исполнением со стороны охлаждения. Действительно, при нахождении поршня в районе верхней мертвой точки (ВМТ): 5 градусов поворота коленчатого вала (ПКВ) до ВМТ, 35–40 градусов ПКВ после ВМТ, т.е. когда в цилиндре происходит интенсивное тепловыделение, периферийная часть крышки цилиндра в значительной степени закрыта буртом поршня. Ос-

новная часть факела топлива попадает на стенки КС, расположенной в поршне, здесь же происходит и сгорание основной части впрыснутого топлива, причем во время протекания отмеченных процессов поршень перемещается вниз к нижней мертвой точке (НМТ) еще на незначительную величину. В связи с этим теплообмен между центральной частью крышки цилиндров, расположенной над камерой в поршне, происходит со значительно большей интенсивностью, чем на периферии.

Картина изменения температур в крышке цилиндра в функции радиуса при испытании дизеля 8 ЧН 13/14 по нагрузочной и внешней скоростной характеристикам показана на рис. 3 и 4.

Температура крышки цилиндров уменьшается от центра к периферии, рост нагрузки или частоты вращения коленчатого вала вызывает лишь изменение абсолютных значений температур. Для всего ряда исследованных нагрузочных и скоростных режимов кривые $T_{cp}=f(r)$ протекают практически идентично. В центральной части крышки цилиндра температура в среднем в 2–2,5 раза больше, чем на периферии.

Температурное состояние втулки цилиндра

Измерение температур во втулке цилиндра производилось в трех точках в районе посадочного бурта с помощью хромель-копелевых термопар. Они были установлены, соответственно, на расстоянии 20, 35 и 55 мм от посадочного бурта. Горячий спай указанных термопар располагался в двух миллиметрах от огневой поверхности втулки цилиндра.

Изменение температурного состояния втулки цилиндра дизеля 8 ЧН 13/14 при испытании по нагрузочной и внешней скоростной характеристикам представлены на рис. 5 и 6.

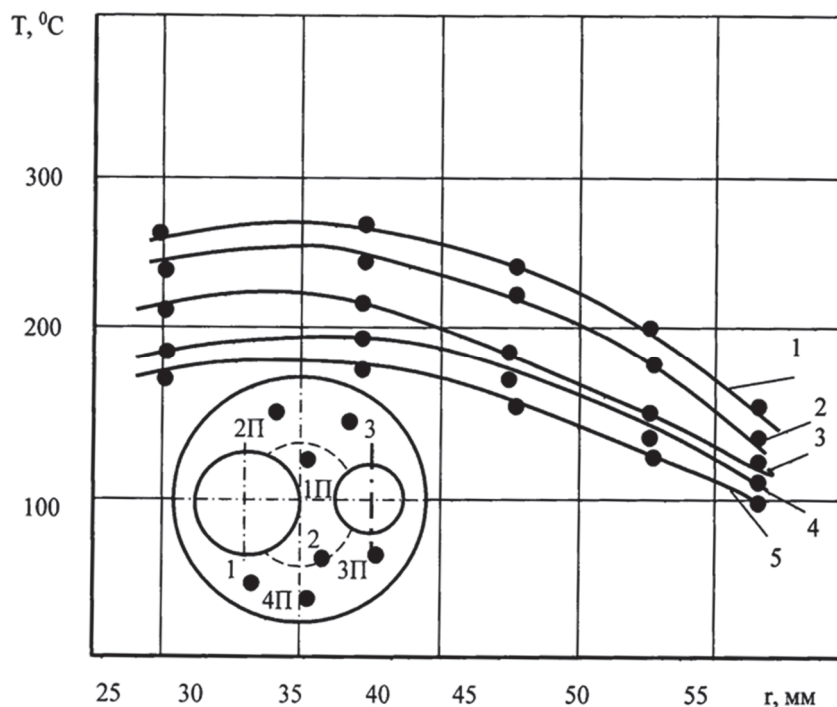


Рис. 3. Изменение температуры крышки цилиндра дизеля 8 ЧН 13/14 в функции радиуса при испытании по нагрузочной характеристике: 1 – $P_{me}=0,61$ МПа; 2 – $P_{me}=0,49$ МПа;

3 – $P_{me}=0,36$ МПа; 4 – $P_{me}=0,24$ МПа; 5 – $P_{me}=0,12$ МПа

Fig. 3. Variation of temperature cap cylinder diesel 8 ChN 13/14 in function of radius by experience from power characteristics: 1 – $P_{me}=0,61$ МПа; 2 – $P_{me}=0,49$ МПа; 3 – $P_{me}=0,36$ МПа;

4 – $P_{me}=0,24$ МПа; 5 – $P_{me}=0,12$ МПа

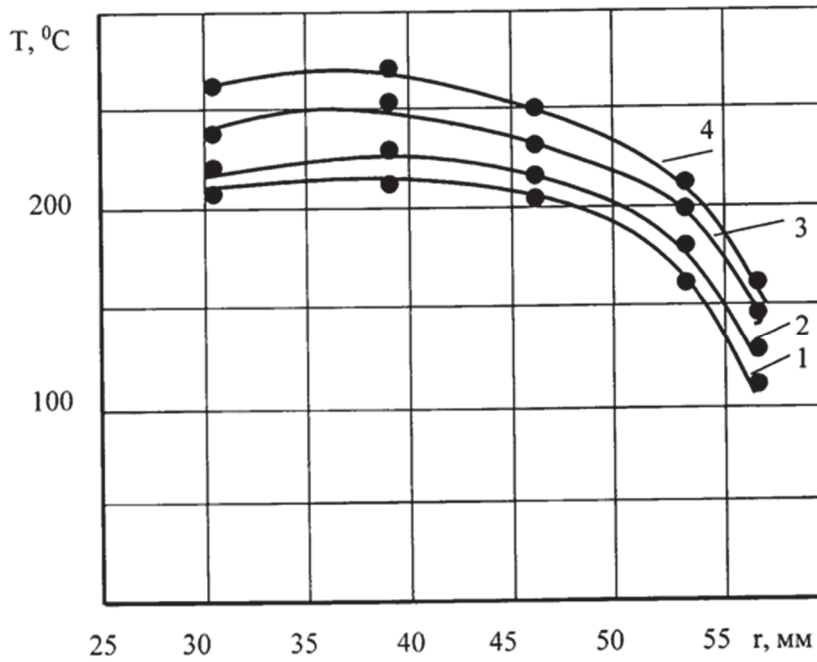


Рис. 4. Изменение температуры крышки цилиндра дизеля 8 ЧН 13/14 в функции радиуса при испытании по внешней скоростной характеристике:

1 – $n=1200 \text{ мин}^{-1}$; 2 – $n=1300 \text{ мин}^{-1}$; 3 – $n=1500 \text{ мин}^{-1}$; 4 – $n=1700 \text{ мин}^{-1}$

Fig. 4. Variation of temperature cap cylinder diesel 8 ChN 13/14 in function of radius by experience from external of speed characteristics: 1 – $n=1200 \text{ min}^{-1}$; 2 – $n=1300 \text{ min}^{-1}$; 3 – $n=1500 \text{ min}^{-1}$; 4 – $n=1700 \text{ min}^{-1}$

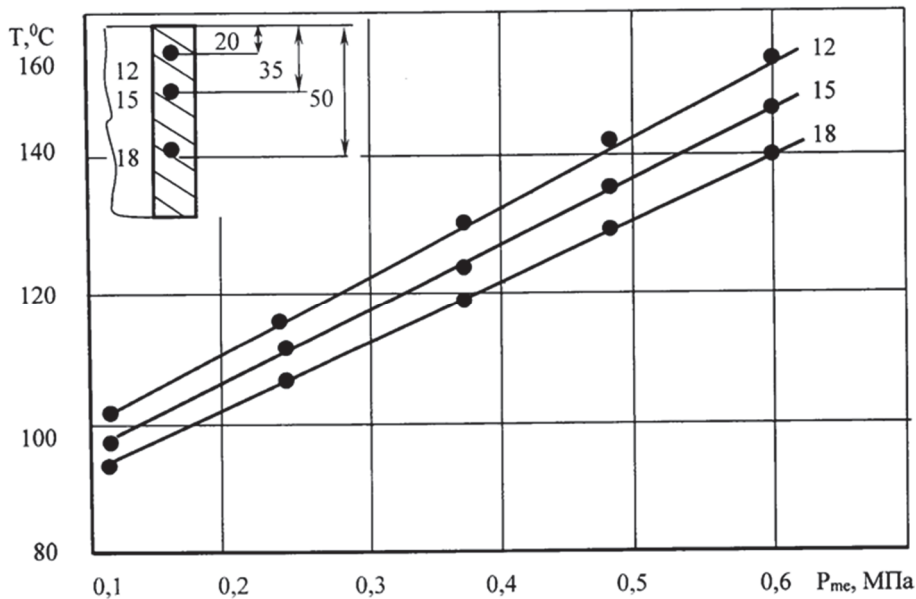


Рис. 5. Изменение температурного состояния втулки цилиндра дизеля 8 ЧН 13/14 при испытании по нагрузочной характеристике, $n=1700 \text{ мин}^{-1}$

Fig. 5. Variation of thermal condition of bund cylinder diesel 8 ChN 13/14 by experience from power of characteristics, $n=1700 \text{ min}^{-1}$

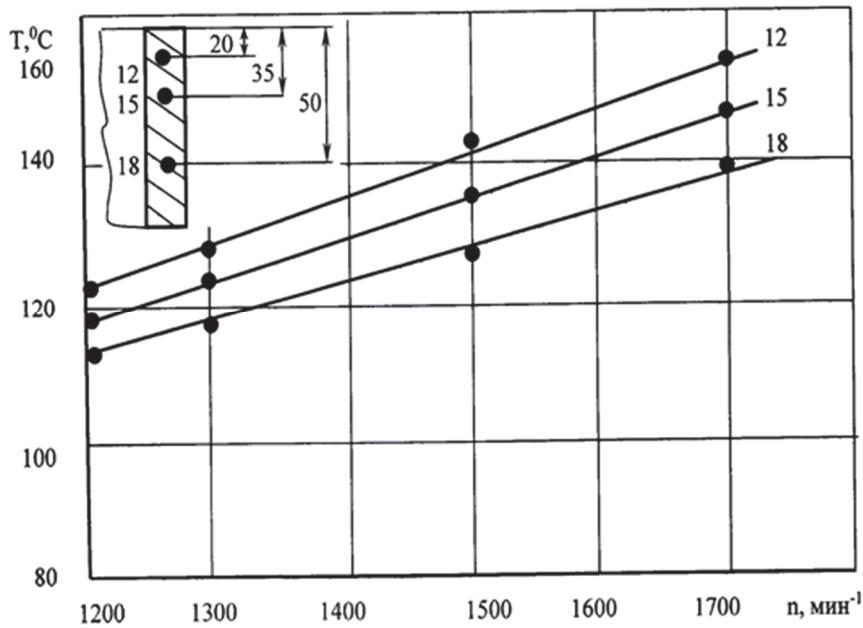


Рис. 6. Изменение температурного состояния втулки цилиндра дизеля 8 ЧН 13/14 при испытании по внешней скоростной характеристике

Fig. 6. Variation of thermal condition of bund cylinder diesel 8 ChN 13/14 by experience from external of speed characteristics

Для верхней части втулки цилиндра на расстоянии 20–50 мм от посадочного бурта на режиме $P_{me}=0,61$ МПа и $n=1700$ min^{-1} температуры лежат в пределах 140–154 $^{\circ}\text{C}$. Относительное изменение температуры в различных точках втулки цилиндров с ростом нагрузки имеет примерно одинаковый вид. Температурное состояние втулки цилиндров при изменении частоты вращения коленчатого вала имеет качественно такую же картину, как и в случае изменения нагрузки. С количественной точки зрения рост нагрузки вызывает более интенсивное увеличение температур во втулке цилиндров, чем при увеличении частоты вращения коленчатого вала (см. рис. 5 и 6). Отмеченное подтверждается и другими исследователями, выполнявшими эксперименты по определению температурного состояния деталей КС судового и транспортных дизелей [5–9].

Заключение

Приведенные экспериментальные данные по температурному состоянию деталей КС дизеля 8 ЧН 13/14 показывают:

температурное поле крышки цилиндра указанного дизеля отличается большей неравномерностью. Максимум температур для исследованных режимов лежит в районе межклапанной перемычки и составляет 250–270 $^{\circ}\text{C}$, что превышает температуру на периферии в 2–2,5 раза;

увеличение нагрузки и частоты вращения коленчатого вала вызывает примерно линейный рост температуры во всех исследованных точках крышки и втулки цилиндра. Увеличение в среднем составляет для крышки цилиндра 68–87 $^{\circ}\text{C}$, для втулки цилиндра 30–32 $^{\circ}\text{C}$ в диапазоне изменения нагрузки от $P_{me}=0,12$ до $P_{me}=0,61$ МПа и частоты вращения коленчатого вала от $n=1200$ до $n=1700$ min^{-1} .

Представленные в статье опытные данные существенно расширяют возможности конструкторов при оценке теплового и напряженно-деформированного состояния деталей КС на стадии проектирования новых моделей судовых высокооборотных дизелей в плане задания граничных условий по теплообмену при использовании метода конечных элементов [1].

Список источников

1. Гаврюшин С.С., Барышникова О.О., Борискин О.Ф. Численный анализ элементов конструкций машин и приборов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 480 с.
2. Zienkiwicz O.C., Taylor R.L. The finite element method. 4 Edition. London, New York: Mc Graw Book Company, 1989. Vol. 1. 648 p.
3. Zienkiwicz O.C., Taylor R.L. The finite element method/ 4 Edition. London, New York: Mc Graw Book Company, 1991. Vol. 2. 807 p.
4. Руднев Б.И., Повалихина О.В. Контрольно-измерительный комплекс для исследования параметров рабочего процесса и радиационно-конвективного теплообмена в камере сгорания судового высокооборотного дизеля // Морские интеллектуальные технологии. 2022. № 2. Ч. 1. С. 73–78.
5. Синенко Н.П., Гринсберг Ф.Г., Половинкин И.Д. и др. Исследование и доводка тепло-возных двигателей. М.: Машиностроение, 1975. 184 с.
6. Крюков В.В., Будзинский В.В. Методы экспериментального исследования судовых малооборотных дизелей. Л.: Судостроение, 1971. 264 с.
7. Петриченко Р.М., Батулин С.А., Исаков Ю.Н. и др. Элементы системы автоматизированного проектирования ДВС. Л.: Машиностроение, 1990. 328 с.
8. Костин А.К., Пугачев Б.И., Кочинев Ю.Ю. Работа дизелей в условиях эксплуатации: справочник. Л.: Машиностроение, 1989. 284 с.
9. Кавтарадзе Р.З. Теория поршневых двигателей. Специальные главы. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. 720 с.

References

1. Gavryushin S.S., Baryshnikova O.O., Boriskin O.F. Numerical analysis of structural elements of machines and devices. Moscow: Publishing House of Bauman Moscow State Technical University, 2014. 480 p.
2. Zienkiwicz O.C., Taylor R.L. The finite element method. 4 Edition. London, New York: Mc Graw Book Company, 1989. Vol. 1. 648 p.
3. Zienkiwicz O.C., Taylor R.L. The finite element method/ 4 Edition. London, New York: Mc Graw Book Company, 1991. Vol. 2. 807 p.
4. Rudnev B.I., Povalikhina O.V. Control and measuring complex for studying the parameters of the working process and radiation-convective heat exchange in the combustion chamber of a marine high-speed diesel engine // Marine Intelligent Technologies. 2022. No. 2. Part 1. P. 73–78.
5. Sinenko N.P., Grinsberg F.G., Polovinkin I.D., etc. Research and development of diesel engines. Moscow: Mashinostroenie, 1975. 184 p.
6. Kryukov V.V., Budzinsky V.V. Methods of experimental research of ship low-speed diesel engines. L.: Shipbuilding, 1971. 264 p.
7. Petrichenko R.M., Baturin S.A., Isakov Yu.N. et al. Elements of the automated design system of the internal combustion engine. L.: Mechanical engineering, 1990. 328 p.
8. Kostin A.K., Pugachev B.I., Kochinev Yu.Yu. The work of diesels under operating conditions: Handbook. L.: Mechanical engineering, 1989. 284 p.
9. Kavtaradze R.Z. Theory of piston engines. Special chapters. Moscow: Publishing House of Bauman Moscow State Technical University, 2008. 720 p.

Информация об авторах

Б.И. Руднев – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры холодильной техники, кондиционирования и теплотехники, SPIN-код: 2797-1790, AuthorID: 423385;

О.В. Повалихина – доцент, доцент кафедры холодильной техники, кондиционирования и теплотехники, SPIN-код: 9956-1129, AuthorID: 875839.

Information about the authors

В.И. Rudnev – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Refrigeration, Air conditioning and Heat Engineering, SPIN-code: 2797-1790, AuthorID: 423385.

О.В. Povalichina – Associate Professor, Associate Professor of the Department of Refrigeration, Air conditioning and Heat Engineering, SPIN-code: 9956-1129, AuthorID: 875839.

Статья поступила в редакцию 02.10.2023; одобрена после рецензирования 04.10.2023; принята к публикации 05.10.2023.

The article was submitted 02.10.2023; approved after reviewing 04.10.2023; accepted for publication 05.10.2023.