

DEVELOPMENT OF AN ACCELERATED CORROSION-EROSION TESTING METHOD FOR MARINE DIESEL EXHAUST VALVES USING STATISTICAL EXPERIMENTAL DESIGN

K. S. Mochalin, A. A. Privalenko, V. I. Sinitsin

Siberian state university of water transport, Novosibirsk, Russian Federation

This paper addresses the problem of accelerated corrosion-erosion degradation of exhaust valves in marine diesel engines, caused by the combined effects of high temperature, aggressive sulfur compounds, and abrasive ash particles in combustion products. The main objective was to develop and validate a reproducible laboratory method that enables accelerated simulation of real operating conditions and quantitative assessment of the influence of individual factors on overall wear. A dedicated corrosion-erosion test chamber was designed to ensure precise control of sample surface temperature (650–800 °C), sulfur oxide (SO_x) concentration, solid particle content, and other environmental parameters. The test specimens were exhaust valves from a 6ChN 18/22 engine, including both uncoated samples and those with heat-resistant protective coatings. To optimize testing and maximize information yield, a fractional factorial experimental design (2⁵⁻¹) was applied, enabling systematic evaluation of five key variables. After 100-hour test cycles, a comprehensive analysis was carried out, including measurements of wear rate, microcrack depth, mass loss, and microhardness changes. Analysis of variance (ANOVA) showed that surface temperature and SO_x concentration exert the greatest influence on wear, with a pronounced synergistic interaction between SO_x and solid particles. The experiments confirmed that fuel additives reduce chemical corrosion by 30–35 %, while protective coatings decrease erosive wear by 20–25 %. Validation of the developed method against field data demonstrated good agreement, with deviations within 10–15 %. The proposed methodology serves as an effective tool for predicting the service life of exhaust valves and justifying the selection of protective measures in marine engine design and shipbuilding practice.

Keywords: exhaust valve, corrosion, erosion, marine diesel engine, corrosion-erosion test chamber, statistical experimental design, surface temperature, sulfur oxides, ash particles, protective coating, fuel additive, mass loss.

For citation:

Mochalin, Konstantin S., A. A. Privalenko and V. I. Sinitsin. “Development of an accelerated corrosion-erosion testing method for marine diesel exhaust valves using statistical experimental design.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 17.5 (2025): 738–746. DOI: 10.21821/2309-5180-2025-17-5-738-746.

УДК: 621.431.74:620.193.2

РАЗРАБОТКА МЕТОДА УСКОРЕННЫХ КОРРОЗИОННО-ЭРОЗИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ВЫПУСКНЫХ КЛАПАНОВ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СТАТИСТИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

К. С. Мочалин, А. А. Приваленко, В. И. Синицин

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»,
Новосибирск, Российская Федерация

Данная статья посвящена исследованию важной проблемы быстрого коррозионно-эрозионного разрушения выпускных клапанов судовых дизельных двигателей, вызванного сочетанием высоких температур, агрессивных сернистых соединений и абразивных зольных частиц, присутствующих в продуктах сгорания топлива. Основной задачей исследования является создание и валидация воспроизводимого лабораторного метода, который позволит моделировать реальные эксплуатационные условия в ускоренном режиме и количественно оценивать влияние отдельных факторов на общий износ. Для проведения экспериментов была разработана специализированная коррозионно-эрозионная камера, обеспечивающая точный контроль температуры поверхности образцов (650–800 °C), концентрации оксидов серы (SO_x), содержания твердых частиц и других параметров. В качестве объектов исследования использовались выпускные клапаны дви-

гателя 6ЧН 18/22, включая образцы с жаростойкими покрытиями и без них. Для оптимизации испытаний и повышения информативности был использован метод статистического планирования эксперимента — дробный факторный план 2^{5-1} , позволяющий системно оценить влияние пяти основных факторов. По итогам 100-часовых испытательных циклов был проведен комплексный анализ, включающий измерение скорости износа, глубины микротрещин, потери массы и изменения микротвердости. Статистический анализ (ANOVA) показал, что наибольшее влияние на износ оказывают температура поверхности и концентрация SO_x , а также был обнаружен значительный синергетический эффект между SO_x и твердыми частицами. Экспериментально установлено, что использование топливных присадок снижает химическую коррозию на 30–35 %, а защитные покрытия уменьшают эрозионный износ на 20–25 %. Валидация метода, проведенного путем сравнения с натурными данными, показала хорошую согласованность результатов (расхождение в пределах 10–15 %). Разработанный метод является эффективным инструментом для прогнозирования ресурса выпускных клапанов и обоснования выбора защитных стратегий в судостроении.

Ключевые слова: выпускной клапан, коррозия, эрозия, судового дизельный двигатель, лабораторная камера, статистическое планирование эксперимента, температура поверхности, оксиды серы, зола, защитное покрытие, присадка, потеря массы.

Для цитирования:

Мочалин К. С. Разработка метода ускоренных коррозионно-эрозионных испытаний выпускных клапанов судовых дизелей с применением статистического планирования эксперимента / К. С. Мочалин, А. А. Приваленко, В. И. Сеницин // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2025. — Т. 17. — № 5. — С. 738–746. DOI: 10.21821/2309-5180-2025-17-5-738-746. — EDN TFGKBE.

Введение (Introduction)

Эксплуатация выпускных клапанов судовых дизельных двигателей сопряжена с интенсивным комбинированным воздействием высоких температур, агрессивных газовых компонентов, в первую очередь оксидов серы, и абразивных зольных частиц, содержащихся в продуктах сгорания судового топлива [1]. Это приводит к ускоренной деградации материала клапанов, проявляющейся в коррозионно-эрозионном износе, термоусталостном растрескивании и образовании отложений. Следствием данных процессов являются снижение эффективности работы двигателя, рост эксплуатационных расходов и повышенный риск внезапных отказов, что является особенно критичным в условиях морской эксплуатации. При этом существующие методы оценки ресурса, основанные преимущественно на длительных натурных испытаниях, требуют значительных временных и материальных затрат, что затрудняет оперативную разработку и апробацию эффективных защитных мер.

Проблема коррозионно-эрозионного износа высокотемпературных компонентов двигателей нашла отражение в ряде научных работ. Так, исследование [2] посвящено анализу механизмов повреждения клапанов под воздействием сернистых соединений и твердых частиц. Международные стандарты регламентируют методики проведения эрозионных испытаний, однако часто не учитывают комплексный характер воздействия, характерный для реальных условий. Процессы высокотемпературной коррозии металлов подробно рассмотрены в исследовании [3]. В отечественной практике вопросы стойкости клапанов регламентированы такими документами, как ГОСТ Р 54909–2012, и исследованы в работах [4, 6], где анализируется влияние качества топлива на износ деталей.

Несмотря на значительный объем проведенных исследований, сохраняется существенный пробел в области комплексного лабораторного моделирования синергетического воздействия коррозии и эрозии в условиях, максимально приближенных к реальной работе выпускной системы судового дизеля. Существующие лабораторные методики зачастую не позволяют одновременно контролировать и варьировать ключевые параметры, такие как температура поверхности, концентрация SO_x и содержание зольных частиц, а также оценивать влияние защитных покрытий и топливных присадок в рамках единого экспериментального подхода. Отсутствие воспроизводимых и стандартизированных методов ускоренных испытаний, сочетающих физическое моделирование со статистическим анализом для минимизации числа опытов, ограничивает возможности достоверного прогнозирования ресурса клапанов и оптимизации стратегий их защиты.

Целью исследования является разработка и валидация лабораторного метода ускоренных коррозионно-эрозионных испытаний выпускных клапанов, позволяющего количественно оценить вклад основных эксплуатационных факторов в износ и эффективность защитных мер для повышения ресурса клапанов в судовых дизельных двигателях. Для достижения поставленной цели была сконструирована специализированная коррозионно-эрозионная камера, обеспечивающая регулирование температуры поверхности ($650\text{--}800\text{ }^{\circ}\text{C}$), концентрации сернистых газов (SO_x), содержания зольных частиц, а также возможность тестирования присадок и защитных покрытий. Применение методов статистического планирования эксперимента (дробный факторный план 2^{5-1}) позволило системно варьировать пять ключевых факторов и минимизировать число опытов при максимизации информативности результатов [5].

В ходе работы были решены следующие задачи: проведение серии экспериментов с комплексной оценкой откликов (скорость износа, глубина микротрещин, состав отложений, потеря массы и изменение твердости); статистический анализ полученных данных для выявления значимости факторов; валидация методики путем сравнения с натурными данными. Установлено, что наибольшее влияние на износ оказывают температура и концентрация SO_x , а также их взаимодействие с твердыми частицами. Присадки снижают коррозию на 30–35 %, а покрытия — эрозию на 20–25 %.

Сравнение с натурными данными подтвердило адекватность методики (расхождение $\leq 15\%$). Теоретическая значимость работы заключается в установлении количественных зависимостей между параметрами эксплуатационной среды и характеристиками износа, а практическая ценность состоит в создании надежного инструмента для прогнозирования ресурса клапанов и обоснования выбора материалов, покрытий и присадок для судовых дизельных двигателей.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Экспериментальное исследование проводилось на специализированной коррозионно-эрозионной камере, разработанной для моделирования агрессивной среды выпускного тракта судового дизеля в лаборатории Сибирского государственного университета водного транспорта. Схема камеры представлена на рис. 1. Установка обеспечивала точный контроль ключевых параметров: температуры поверхности образца ($650\text{--}800\text{ }^{\circ}\text{C}$), концентрации оксидов серы (SO_x) в газовой смеси (0,5–1,0 %) и концентрации твердых зольных частиц (1–5 г/м³).

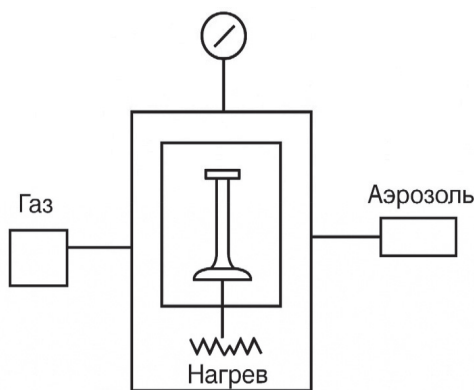


Рис. 1. Схема камеры ускоренных испытаний

Конструкция камеры включает: теплоизолированный корпус с фиксатором образца; нагревательный блок, обеспечивающий рабочую температуру поверхности до $800\text{ }^{\circ}\text{C}$; систему подачи газовой смеси (SO_2 , SO_3 , H_2O) с регулируемыми параметрами; форсунку для ввода аэрозольных зольных частиц различного гранулометрического состава; комплекс датчиков для контроля температуры, давления и концентрации среды, а также систему отвода и фильтрации газов, обеспечивающую безопасные условия лабораторных испытаний.

На рис. 2 представлена собранная в лаборатории камера коррозионно-эрозионного воздействия, разработанная для воспроизведения условий эксплуатации выпускных клапанов судовых дизельных двигателей. Камера ускоренных испытаний представляет собой герметичный корпус, в котором размещен исследуемый выпускной клапан. Камера оснащена системой нагрева, обеспечивающей температуру поверхности образца до 700–800 °С. Через боковые каналы в камеру подаются газовая смесь (SO_2 , SO_3 , H_2O) и аэрозольные частицы золы, что позволяет моделировать коррозионно-эрозионное воздействие реальных условий эксплуатации. Давление и скорость потока контролируются с помощью манометра и регулирующих устройств.



Рис. 2. Опытный образец камеры испытаний

В качестве объектов исследования использовались выпускные клапаны судового дизеля 6ЧН 18/22, включая образцы без покрытия и с жаростойким покрытием, которые представлены на рис. 3.



Рис. 3. Выпускные клапаны двигателя 6ЧН 18/22

Для эффективной оценки влияния множества факторов при минимальном количестве опытов был применен один из методов статистического планирования эксперимента, а именно дробный факторный план $2^{(5-1)}$ [5, 8]. Данный план позволял системно варьировать пять ключевых факторов на двух уровнях каждый: температуру поверхности клапана (650 °С / 800 °С), концентрацию SO_x (0,5 % / 1,0 %), концентрацию твердых частиц (1 г/м³ / 5 г/м³), наличие топливной присадки (нет / да) и наличие защитного покрытия (нет / да). Испытания для каждой комбинации факторов проводились в течение 100-часового цикла, после чего измерялись следующие отклики: скорость износа (мкм/ч), глубина микротрещин (СЭМ), состав отложений (ЭДС/РФА), утрата массы (мг/см²) и изменение твердости поверхности (HV) [3].

В августе 2025 г. в лаборатории СГУВТ были выполнены экспериментальные исследования. Испытания проводились согласно плану, изложенному в табл. 1. Каждый эксперимент включал 100-часовое непрерывное воздействие коррозии и эрозии на образцы выпускных клапанов в контролируемой среде испытательной камеры. После завершения каждого цикла образцы подвергались комплексному анализу.

Таблица 1

План эксперимента

Номер опыта	Температура поверхности клапана, °C	Концентрация SO _x , %	Концентрация твердых частиц, г/м ³	Присадка	Покрытие
1	650	0,5	1	Нет	Нет
2	800	0,5	1	Да	Нет
3	650	1,0	1	Да	Да
4	800	1,0	1	Нет	Да
5	650	0,5	5	Да	Да
6	800	0,5	5	Нет	Да
7	650	1,0	5	Нет	Нет
8	800	1,0	5	Да	Нет

Для оценки деградации материала применялись сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) [3] для изучения морфологии поверхности и глубины микротрещин, энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия и рентген флуоресцентный анализ (ЭДС/XRF) для определения элементного состава коррозионных отложений, а также измерение микротвердости по Виккерсу для оценки изменений механических свойств поверхностного слоя.

Результаты и их обсуждение (Results and discussion)

Проведенный статистический анализ результатов испытаний позволил количественно оценить влияние контролируемых факторов на износ выпускных клапанов, как показано на рис. 4. Наибольший вклад в скорость деградации материала вносят температура поверхности клапана и концентрация оксидов серы (SO_x) в газовой среде [1, 6].

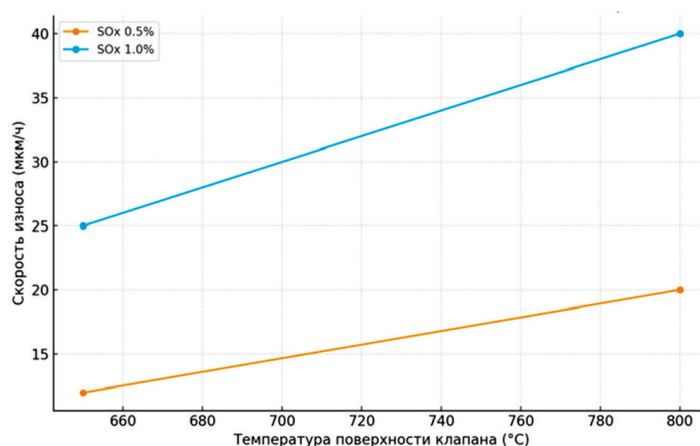


Рис. 4. Зависимость скорости износа от температуры и концентрации SO_x

Дисперсионный анализ (ANOVA), результаты которого представлены на рис. 5, подтвердил статистическую значимость этих параметров, а также выявил сильный синергетический эффект для пары «SO_x – твердые частицы», свидетельствующий о взаимном усилении коррозионного и эрозионного воздействия.

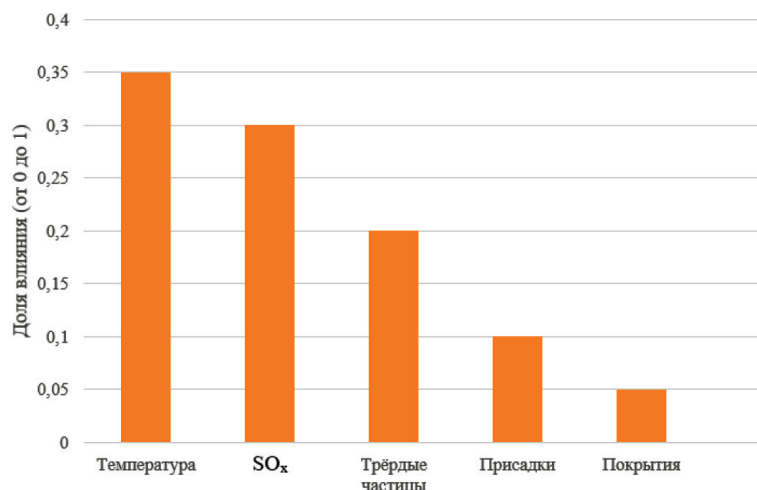


Рис. 5. ANOVA-диаграмма влияния факторов на износ клапана

Полные количественные данные по всем критериям отклика сведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты испытаний

Номер опыта	Утрата массы, мг/см ²	Скорость износа, мкм/ч	Глубина микротрещин, мкм	Изменение твердости, ΔHV	Примечания
1	5,0	40	12,5	–15	Базовый (T = 650 °C, SO _x = 0,5, без присадок / покрытия)
2	4,0	32	9,8	–10	Присадки, снижающие химическую коррозию
3	3,2	25	7,0	–6	Присадки + покрытие — комбинированная защита
4	4,6	36	11,0	–12	Покрытие при повышении T/SO _x
5	6,8	48	15,2	–18	Повышенная концентрация частиц (5 г/м ³) при низкой T/SO _x
6	5,5	42	13,0	–14	Покрытие, но высокие частицы
7	7,5	55	18,0	–20	Высокие T (800 °C) и SO _x (1,0 %) без защиты
8	5,0	34	10,2	–11	Присадки при высоких T/SO _x — частичное снижение износа

Анализ данных показал, что применение топливных присадок способствует снижению химической коррозии на 30–35 %, в то время как защитные покрытия эффективно уменьшают эрозионную составляющую износа на 20–25 %.

Обсуждение (Discussion)

Полученные результаты демонстрируют эффективность применения защитных мер для снижения коррозионно-эрозионного износа выпускных клапанов. Как видно из данных, представленных на рис. 6, использование топливных присадок и защитных покрытий позволяет существенно уменьшить деградацию материала.

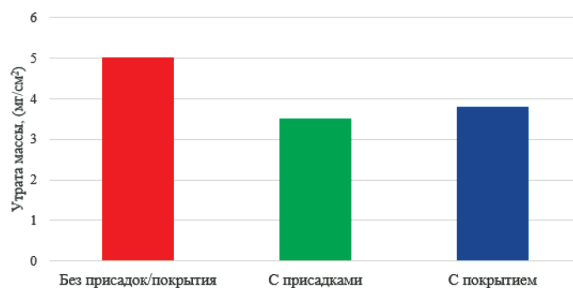


Рис. 6. Влияние присадок и покрытий на утрату массы

Дополнительным подтверждением этой тенденции является представленный сравнительный анализ данных в табл. 3 и их графическая интерпретация на рис. 7, где четко прослеживается последовательное улучшение всех ключевых показателей износа: утрата массы, скорости износа и сохранение твердости при использовании защитных средств, особенно при их комбинировании.

Таблица 3

Сравнительные результаты по основным критериям износа

Условие	Утрата массы, мг/см²	Скорость износа, мкм/ч	Изменение твердости, HV
Без присадок / покрытия	5,0	40	–15
С присадками	3,5	28	–8
С покрытием	3,8	30	–10
С присадками и покрытием	2,5	20	–5

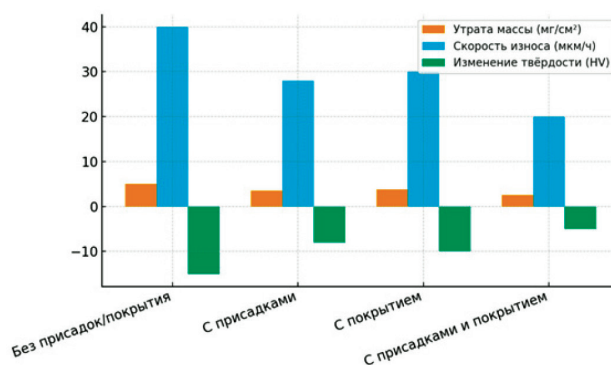


Рис. 7. Сравнительный анализ условий испытаний по трем критериям износа

Наблюдаемое снижение масс потерь при введении присадок объясняется их способностью нейтрализовать агрессивные сернистые соединения в газовой фазе, что тормозит развитие химической коррозии [7]. В свою очередь, защитные покрытия служат барьером, повышающим стойкость поверхности к абразивному воздействию зольных частиц [9, 10]. Наибольший синергетический эффект достигается при комбинированном использовании обоих методов, что подтверждается максимальным снижением утраты массы до 2,5 мг/см² и скорости износа до 20 мкм/ч.

Важным подтверждением адекватности разработанного метода является сравнение с натурными данными: сопоставление ускоренных скоростей износа с результатами натурных испытаний показало близкое совпадение в пределах 10–15 %. Такое расхождение подтверждает корректность лабораторной модели и возможность ее использования для достоверного прогнозирования ресурса клапанов в реальных условиях эксплуатации судовых дизелей. Полученные результаты позволяют сформировать обоснованные рекомендации по применению защитных покрытий и топливных присадок для значительного увеличения межремонтного периода выпускной системы.

Заключение (Conclusion)

В ходе работы достигнута поставленная цель: разработан и валидирован лабораторный метод ускоренных коррозионно-эрозионных испытаний, который позволяет в контролируемых условиях моделировать агрессивное воздействие на выпускные клапаны судовых дизельных двигателей. Применение статистического планирования эксперимента (DoE) обеспечило количественную оценку вклада химических и механических факторов в суммарный износ. Использование ANOVA позволило выявить наиболее значимые параметры: температуру поверхности и концентрацию SO_x , а также синергетический эффект между SO_x и твердыми частицами [8]. Экспериментально подтверждена эффективность защитных мер — топливные присадки снижают химическую коррозию на 30–35 %, а защитные покрытия уменьшают эрозионный износ на 20–25 %. Сравнение с натурными данными показало адекватность метода (расхождение ≤ 15 %).

Таким образом, разработанный метод является надежным инструментом для прогнозирования ресурса клапанов и формирования обоснованных рекомендаций по применению защитных покрытий и топливных присадок, что позволяет существенно увеличить межремонтный период выпускной системы судовых дизелей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чанчиков В. А. Исследование и разработка перспективных смазочных материалов для применения в судовых дизельных двигателях и повышения ресурса цилиндропоршневой группы двигателя внутреннего сгорания / В. А. Чанчиков, И. Н. Гужвенко, А. И. Андреев [и др.] // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. — 2021. — № 4. — С. 62–74. DOI: 10.24143/2073-1574-2021-4-62-74. — EDN VHSUSF.
2. Grzesik Z. High temperature corrosion of valve steels in combustion gases of petrol containing ethanol addition / Z. Grzesik, G. Smola, K. Adamaszek, Z. Jurasz, S. Mrowec // Corrosion Science. — 2013. — Vol. 77. — Pp. 369–374. DOI: 10.1016/j.corsci.2013.08.030.
3. Young D. J. High temperature oxidation and corrosion of metals / D. J. Young — Elsevier, 2023. — 750 p.
4. Карева Н. Т. Исследование трещинообразования при изготовлении выпускного клапана ДВС / Н. Т. Карева, Д. Т. Чунгаков, Н. А. Заварцев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Metallurgy. — 2019. — Т. 19. — № 2. — С. 44–52. DOI: 10.14529/met190205. — EDN JLHSEN.
5. Montgomery D. C. Design and analysis of experiments / D. C. Montgomery — Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2020. — 724 p.
6. Li D.-F. Erosion — corrosion resistance of Mo–Ti- and Ni–Cr–Mo-alloyed medium-carbon martensitic steels: a critical analysis of synergistic effect of erosion and corrosion / D.-F. Li, H.-Y. Dong, C.-Y. Hu, K.-M. Wu, S. Yershov, O. Isayev // Journal of Iron and Steel Research International. — 2022. — Vol. 29. — Is. 8. — Pp. 1299–1311.
7. Ганиев И. Н. Анодное поведение сплавов системы Zn-in / И. Н. Ганиев, Г. М. Атоев, Р. Д. Исмонов [и др.] // Вестник Кузбасского государственного технического университета. — 2025. — № 3(169). — С. 101–109. DOI: 10.26730/1999-4125-2025-3-101-109. — EDN HBMTHA.
8. Баранов А. Н. Применение методов планирования эксперимента при прогнозировании величины износостойкости инструментальной оснастки / А. Н. Баранов, Е. М. Баранова, А. И. Титоров // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — 2016. — № 11–1. — С. 166–178. — EDN XDYLNZ.
9. Александров Д. А. Исследование эрозионно-коррозионностойких покрытий для защиты титановых моноколес вертолетных газотурбинных двигателей / Д. А. Александров, О. Н. Доронин, П. Л. Журавлева, А. С. Бенклян // Труды ВИАМ. — 2023. — № 9(127). — С. 90–100. DOI: 10.18577/2307-6046-2023-0-9-90-100. — EDN FAOPGJ.
10. Davis J. R. Handbook of Thermal Spray Technology / J. R. Davis — Materials Park, OH: ASM International, 2019. — 338 p.

REFERENCES

1. Chanchikov, V. A., I. N. Guzhvenko, A. I. Andreev et al. “Research and development of commercially viable lubricants to intensify working life of marine diesel engines and cylinder piston group in internal combustion engines.” *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya* 4 (2021): 62–74. DOI: 10.24143/2073-1574-2021-4-62-74.

2. Grzesik, Z., S. Mrowec, et al. "High temperature corrosion of valve steels in combustion gases of petrol containing ethanol addition." *Corrosion Science* 77 (2013): 369–374. DOI: 10.1016/j.corsci.2013.08.030.
3. Young, D. J. *High temperature oxidation and corrosion of metals* Elsevier, 2023: 750.
4. Kareva, N. T., D. T. Chungakov and N. A. Zavartsev. "The research of cracking in the fabrication of the internal-combustion engine exhaust valve." *Bulletin of The South Ural State University. Ser. Metallurgy* 19.2 (2019): 44–52. DOI: 10.14529/met190205.
5. Montgomery, D. C. *Design and analysis of experiments* Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2020: 724.
6. Li, D.-F., H.-Y. Dong, et al. "Erosion — corrosion resistance of Mo–Ti- and Ni–Cr–Mo-alloyed medium-carbon martensitic steels: a critical analysis of synergistic effect of erosion and corrosion." *Journal of Iron and Steel Research International* 29.8 (2022): 1299–1311.
7. Ganiev, I. N., G. M. Atoev et al. "Anode behavior of zn-in system alloys." *Bulletin of The Kuzbass State Technical University* 3(169) (2025): 101–109. DOI: 10.26730/1999-4125-2025-3-101-109.
8. Baranov, A. N., E. M. Baranova and A. I. Titorov. "Application of methods experiment planning the issues of forecasting the magnitude of the wear resistance of tooling." *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki* 11–1 (2016): 166–178.
9. Aleksandrov, D. A., O. N. Doronin, P. L. Zhuravleva and A. S. Benklyan. "The research of erosion-corrosion-resistant coatings for protection of titanium impellers for helicopter gas-turbine engine." *Proceedings of Viam* 9(127) (2023): 90–100. DOI: 10.18577/2307-6046-2023-0-9-90-100.
10. Davis, J. R. *Handbook of Thermal Spray Technology* Materials Park, OH: ASM International, 2019: 338.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мочалин Константин Сергеевич —
кандидат технических наук,
проректор по учебной работе
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный университет
водного транспорта»
ФГБОУ ВО «СГУВТ»
630099, Новосибирская область, г. Новосибирск,
ул. Щетинкина, 33
e-mail: mochalin@nsawt.ru

Приваленко Алексей Александрович —
заместитель директора института
«Морская академия» по учебной работе
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный университет
водного транспорта»
ФГБОУ ВО «СГУВТ»
630099, Новосибирская область, г. Новосибирск,
ул. Щетинкина, 33
e-mail: a.a.privalenko@nsawt.ru

Синицин Владислав Игоревич —
ассистент кафедры
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный университет
водного транспорта»
ФГБОУ ВО «СГУВТ»
630099, Новосибирская область, г. Новосибирск,
ул. Щетинкина, 33
e-mail: v.i.sinitstin@nsawt.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Mochalin Konstantin S. —
PhD in Technical Sciences,
Vice-Rector for Academic Affairs
Federal State-Financed Educational Institution
of Higher Education "Siberian State University
of Water Transport"
FSEI HE "SSUWT"
33, Shchetinkina str., Novosibirsk, 630099,
Russian Federation
e-mail: mochalin@nsawt.ru

Privalenko Alexey A. —
Deputy Director of the Institute
"Maritime Academy"
Federal State-Financed Educational Institution
of Higher Education "Siberian State University
of Water Transport"
FSEI HE "SSUWT"
33, Shchetinkina str., Novosibirsk, 630099,
Russian Federation
e-mail: a.a.privalenko@nsawt.ru

Sinitstin Vladislav I. —
Associate lecturer
Federal State-Financed Educational Institution
of Higher Education "Siberian State University
of Water Transport"
FSEI HE "SSUWT"
33, Shchetinkina str., Novosibirsk, 630099,
Russian Federation
e-mail: v.i.sinitstin@nsawt.ru