

УДК 504.06:534.83:621.436

DOI: 10.37890/jwt.vi87.715

Результаты экспериментальной оценки шума дизель-генераторной установки 4ч 8,5/11 на двух топливах

Н.А. Лаптев

ORCID: 0009-0004-8069-9516

Ю.И. Матвеев

Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Повышенный уровень шума в машинных помещениях судов является одним из основных вредных производственных факторов, влияющих на здоровье и работоспособность судовых механиков. В статье представлены результаты экспериментальной оценки уровня шума судового дизель-генератора 4Ч 8,5/11 при работе на дизельном и комбинированном (дизельное + газ) топливе. Новизна работы заключается в получении количественных характеристик снижения шума при газодизельном процессе для вспомогательного судового дизеля мощностью 17 кВт. Измерения выполнены измерителем уровня звука GM1352 (**класс точности 2**) в диапазоне от 30 до 130 дБ с погрешностью $\pm 1,5$ дБ. Прибор размещался на фиксированном расстоянии 3,4 м от дизельного двигателя на высоте 1,7 м от уровня палубы, на четырёх режимах нагрузки генератора: холостой ход, 50, 75 и 100 % номинальной мощности, при работе на дизельном и комбинированном топливе. Установлено, что перевод двигателя на комбинированное топливо позволяет снизить уровень шума на 2–3,6 дБ по сравнению с работой на чистом дизельном топливе. Наиболее существенное снижение (3,6 дБ) зафиксировано на режиме 75 % нагрузки, который является основным в эксплуатации судовых вспомогательных дизелей. Показано, что на данном режиме уровень шума (90,8 дБ) не превышает предельно допустимого значения 95 дБ, установленного санитарными нормами для рабочих зон энергетических отделений. Практическая значимость работы заключается в обосновании возможности улучшения условий труда судовых механиков при переводе дизель-генераторов на комбинированное топливо без дополнительных затрат на шумоизоляцию.

Ключевые слова: судовой дизель-генератор, комбинированное топливо, газодизельный процесс, уровень шума, условия труда, акустические характеристики, нагрузочные режимы, пропан-бутановая смесь.

Results of experimental noise assessment of a 4f 8,5/11 diesel generator unit on two fuels

Nikolai A. Laptev

ORCID: 0009-0004-8069-9516

Yuri I. Matveev

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. Elevated noise levels in engine rooms of vessels are one of the main occupational hazards affecting the health and performance of marine engineers. This article presents the results of an experimental assessment of the noise level of a 4Ch 8,5/11 marine diesel generator when operating on diesel and combined (diesel + gas) fuel. The novelty of the work lies in obtaining quantitative characteristics of noise reduction during the gas-diesel process for an auxiliary marine diesel engine with a power of 17 kW. Measurements were carried out using the GM1352 sound level meter (accuracy class 2) in the range from 30 to 130 dB with an error of ± 1.5 dB. The device was placed at a fixed distance of 3.4 m from the

diesel engine at a height of 1.7 m above the deck level, at four load modes of the generator: idling, 50, 75 and 100 % of rated power, when operating on diesel and combined fuel. It has been found that switching the engine to combined fuel reduces the noise level by 2–3.6 dB compared to operation on pure diesel fuel. The most significant reduction (3.6 dB) was recorded at 75 % load mode, which is the main one in the operation of marine auxiliary diesels. It is shown that at this mode the noise level (90.8 dB) does not exceed the maximum permissible value of 95 dB established by sanitary standards for working areas of engine departments. The practical significance of the work lies in substantiating the possibility of improving the working conditions of marine engineers by converting diesel generators to combined fuel without additional costs for noise insulation.

Keywords: marine diesel generator, combined fuel, gas-diesel process, noise level, working conditions, acoustic characteristics, load modes, propane-butane mixture.

Введение

Актуальность работы. Повышенный уровень шума относится к числу вредных производственных факторов, систематическое воздействие которого на организм человека может способствовать развитию профессиональных заболеваний, снижению концентрации внимания и повышению травматизма [1, 2]. В энергетических помещениях теплоходов, где установлены дизель-генераторные установки, обслуживающий персонал подвергается интенсивному акустическому воздействию. Согласно санитарным нормам [3], уровень звука в рабочих зонах с постоянной вахтой не должен превышать 95 дБ. Однако, как показывают натурные измерения, на многих судах этот норматив превышает, что делает актуальной задачу поиска организационных и технических способов снижения шума.

Степень разработанности проблемы. Вопросы акустической нагрузки судовых энергетических установок рассматривались в работах отечественных и зарубежных авторов. Гаркуша А.Н. и Марков В.А. [4] разработали методы виброакустической диагностики судовых дизелей, позволяющие идентифицировать источники шума. В работе Иванова А.В. и Щурова П.А. [5] показано, что при работе на газовом топливе происходит изменение характера сгорания: снижается максимальная температура цикла и уменьшается скорость нарастания давления ($dp/d\phi$), что ведёт к снижению механических нагрузок и, как следствие, уменьшению шума. Однако количественные оценки этого эффекта для судовых дизель-генераторов малой мощности в отечественной литературе представлены фрагментарно.

Перевод судовых вспомогательных дизелей на комбинированное (газодизельное) топливо в настоящее время рассматривается как перспективное направление снижения эксплуатационных расходов и уменьшения выбросов вредных веществ [6, 7]. Вместе с тем вопрос об изменении акустических характеристик двигателя при таком переходе остаётся недостаточно изученным, что определяет цель настоящей работы: экспериментальная оценка уровня шума дизель-генератора 4Ч 8,5/11 при работе на дизельном и комбинированном топливах на различных нагрузочных режимах.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Выполнить измерения уровня шума дизель-генератора на четырёх режимах нагрузки генератора: холостой ход, 50, 75 и 100 % номинальной мощности при работе на дизельном и комбинированном топливе.
2. Сравнить полученные значения с нормативными требованиями и сформулировать рекомендации по улучшению условий труда.

Объект и методика исследований

Объектом исследований является судовая дизель-генераторная установка на базе четырёхтактного дизеля 4Ч 8,5/11 (номинальная мощность 17 кВт, частота вращения

1500 мин⁻¹) и синхронного генератора переменного тока мощностью 12 кВт (рис. 1). Выбор объекта обусловлен широким распространением данного типа дизелей в качестве вспомогательных источников электроснабжения на судах внутреннего и смешанного река-море плавания.



Рис. 1. Модернизированная дизель-генераторная установка для работы на традиционных и смесевых видах топлив

Исследования проводились для двух вариантов работы:

1. На чистом дизельном топливе (ДТ) по стандартной характеристике.
2. На комбинированном топливе (ДТ + газ) с подачей пропан-бутановой смеси в надклапанное пространство с помощью устройства, защищённого патентом [8].

Режимы нагрузки. Для каждого типа топлива выполнялись измерения на пяти (четырёх для комбинированного) режимах нагрузки двигателя генератором:

- Режим №1 – 100 % нагрузки генератора;
- Режим №2 – 75 % нагрузки генератора;
- Режим №3 – 50 % нагрузки генератора;
- Холостой ход

Фактической мощностью генератора являются данные, полученные через расчёт мощности по фазам (метод сложения), результаты измерений и расчётов занесены в таблицу 1:

Нагрузка – активная (ТЭНы); $\cos \varphi=1$; схема подключения – звезда.

Таблица 1

Результаты измерений электрических величин нагрузки генератора

Параметр	Значение, P_r	Значение, $0,75P_r$	Значение, $0,5 P_r$
$U_{л}, В$	390	402	390
$I_A, А$	18,4	13,4	9,7
$I_B, А$	16,8	12,2	7,4
$I_C, А$	18,4	13,7	8,9
$U_{\phi}, В$	225,2	232,1	225,2
$P_A, Вт$	4143,7	3110,1	1666,5
$P_B, Вт$	3783,4	2831,6	2004,3
$P_C, Вт$	4143,7	3179,8	2184,4
$P_{общ}, Вт$	12070,8	9121,5	5855,2

Сравнение экспериментальных данных с расчётными режимами, несколько отличаются от теоретических (заданных) режимов генератора (12 и 9 и 6 кВт).

Фактические измеренные значения составили 12,07 кВт; 9,12 кВт и 5,86 кВт соответственно.

Относительное расхождение не превышает 2,41 % (для режима 0,5P_г) и находится в пределах (2-5%) совокупной инструментальной и методической погрешности измерений.

Полученные фактические значения мощности приняты в качестве реальной базовой нагрузки для последующего анализа работы дизель-генераторной установки, так как они адекватно отражают условия её эксплуатации с учетом естественного разброса параметров.

Определение фактической механической нагрузки на дизель

При проведении экспериментальных исследований нагрузка дизель-генераторной установки задавалась по электрической мощности генератора (0,75P_г, P_г). Однако для корректного анализа рабочих процессов в цилиндре дизеля необходимо знать механическую мощность на валу дизеля, которая больше электрической на величину потерь в генераторе.

Таким образом, номинальный электрический режим (P_г = 12 кВт) соответствует работе генератора с паспортным КПД 86 %.

Определение значений КПД на частичных нагрузках

Для определения КПД на режимах частичной нагрузки (0,75P_г) использованы типовые зависимости для синхронных генераторов малой мощности (10–50 кВт) 1980–1990-х годов выпуска. Согласно справочным данным, для машин данного класса характерно незначительное снижение КПД (на 0,5–1,0 %) при нагрузке 75 % от номинальной.

С учётом этого и паспортного значения 86 % на номинальной мощности генератора, приняты следующие расчётные значения КПД (см. таблицу 2):

Таблица 2

Расчётные значения КПД генератора

Режим нагрузки генератора	Электрическая мощность P _г , кВт	КПД η, %
P _г	12,07	86,0
0,75P _г	9,12	85,5
0,5P _г	5,86	83,0
XX	Отсутствует	Отсутствует

Зная номинальную мощность дизеля 4Ч 8,5/11 (17 кВт), можно оценить степень его нагрузки в долях от номинальной мощности (см. таблицу 3):

Таблица 3

Механическая нагрузка дизеля

Режим нагрузки генератора	Мощность на валу, кВт	Нагрузка дизеля, %
P_r	14,03	82,5
$0,75P_r$	10,67	62,8
$0,5P_r$	7,06	41,5
XX	Не измерялась	Не рассчитывалась

В таблице 3 приведено соответствие между электрическими режимами генератора и фактической механической нагрузкой дизеля.

Выполненный пересчёт позволяет корректно интерпретировать экспериментальные данные: режимы, обозначенные в работе как: P_r , $0,75P_r$ и $0,5P_r$ соответствуют механической нагрузке на дизель 82 %, 62 % и 41,5 от номинальной мощности дизельного двигателя, соответственно. Принятые значения КПД генератора обоснованы паспортными данными и типовыми характеристиками, что обеспечивает достоверность полученных оценок.

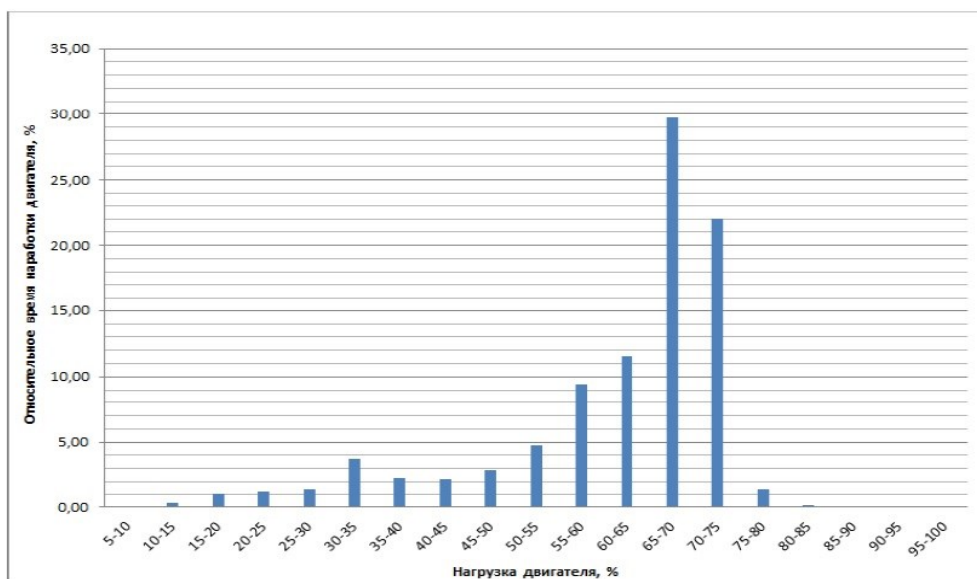


Рис. 2. Гистограмма распределения эксплуатационной наработки двигателя по режимам нагрузки

Выбор нагрузочных режимов обусловлен типовым графиком работы судовых вспомогательных дизель-генераторов, значительную часть времени функционирующих в диапазоне 50–75 % от номинальной мощности [9].

Средства измерений. Регистрация уровня шума осуществлялась измерителем уровня звука GM1352 (класс точности 2) в диапазоне от 30 до 130 дБ с погрешностью $\pm 1,5$ дБ. Прибор размещался на фиксированном расстоянии 3,4 м от дизельного двигателя на высоте 1,7 м от уровня палубы, что соответствует

расположению органа слуха работающего человека. Измерения состояли из пяти повторений, среднее значение заносилось в таблицу. Среднее значение определялось прибором. Принципиальная схема экспериментальной установки показана на рисунке 3.

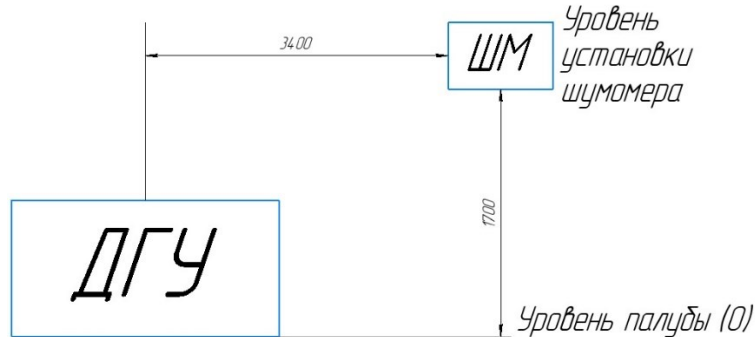


Рис. 3 Принципиальная схема экспериментальной установки для регистрации уровня шума судовой дизель-генераторной установки

где: ДГУ – дизель-генераторная установка; ШМ – измеритель уровня звука GM1352

Анализ полученных экспериментальных исследований показал, что на всех нагрузочных режимах работа дизеля на комбинированном топливе сопровождается устойчивым снижением уровня шума относительно работы на чистом дизельном топливе. Результаты измерений представлены в таблице 4.

Таблица 4

Уровни шума при различных режимах работы, дБ

Режим работы	Дизельное топливо, дБ	Комбинированное топливо, дБ	Снижение, дБ
100 % нагрузки (12 кВт)	97,8	94,8	3,0
75 % нагрузки (9 кВт)	94,4	90,8	3,6
50 % нагрузки (6 кВт)	93,9	90,4	3,5
Холостой ход	88,7	*	*

*- уровень шума на режиме холостого хода замерялся только при работе дизеля на дизельном топливе.

Выявлено, что работа на комбинированном топливе обеспечивает снижение уровня шума на всех исследованных нагрузочных режимах. Наибольшее снижение (3,6 дБ) зафиксировано на режиме 75% нагрузки. При этом уровень шума на комбинированном топливе (90,8 дБ) не превышает предельно допустимого значения

95 дБ¹, установленного санитарными нормами для рабочих зон энергетических отделений. Кроме того, при эксплуатации на комбинированном топливе уровень шума попадает в диапазон допустимых значений (94,8 дБ). Работа на дизельном топливе на этом же режиме даёт уровень шума 97,8 дБ, что превышает допустимый уровень.

Сравнительная гистограмма. На рисунке 4 представлена сравнительная гистограмма уровней шума, замеренных в результате серии экспериментов.

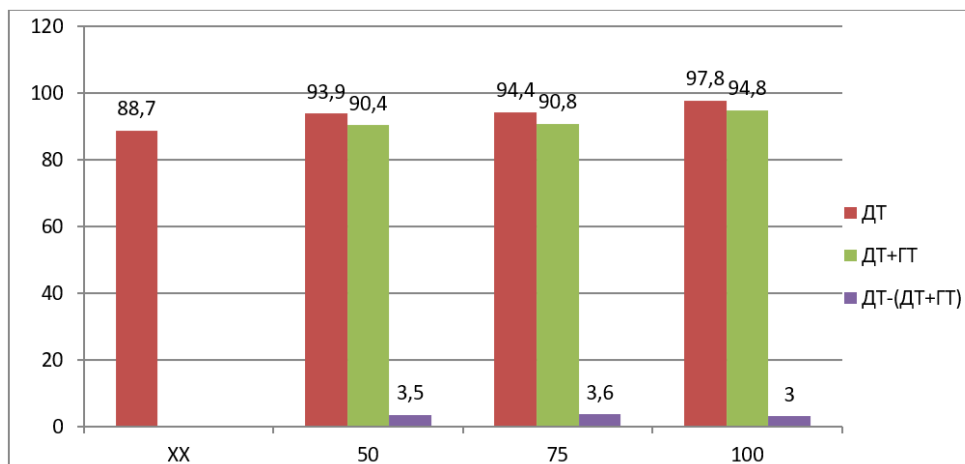


Рис. 4. Сравнительная гистограмма уровней шума, замеренных в результате серии экспериментов

Полученные результаты согласуются с данными других исследователей. В работе [11] показано, что при переводе судового дизеля на газодизельный процесс снижение шума составляет 3–5 дБ, что близко к полученным значениям. Однако в настоящем исследовании зафиксирован более выраженный эффект (3,6 дБ) на режиме 75 % нагрузки, что может быть обусловлено конструктивными особенностями исследуемого двигателя и применённой системой подачи газа.

Важно отметить, что снижение уровня шума на 3–6 дБ воспринимается субъективно как уменьшение громкости в 1,5–2 раза [12]. Это создаёт предпосылки для существенного улучшения условий труда судовых механиков, особенно при длительных вахтах.

Заключение

По результатам проведённых экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

Экспериментально подтверждено, что перевод судового дизель-генератора 4Ч 8,5/11 на комбинированное (газодизельное) топливо обеспечивает снижение уровня шума на 2–3,6 дБ по сравнению с работой на чистом дизельном топливе.

1. Наиболее значимый эффект (снижение на 3,6 дБ) достигнут на режиме 75 % нагрузки, который является одним из основных в эксплуатации судовых вспомогательных дизелей.

2. Установлено, что на режиме 75 % нагрузки уровень шума при работе на комбинированном топливе (90,8 дБ) не превышает предельно допустимого значения 95 дБ, установленного санитарными нормами [3].

¹ среднее значение СанПин и РМРС.

3. Установлено, что при эксплуатации на комбинированном топливе уровень шума на номинальном режиме снижается и попадает в диапазон предельно допустимых значений 95 дБ (снижение с 97,8 дБ до 94,8 дБ).

4. Практическая значимость полученных результатов заключается в обосновании дополнительного преимущества перевода судовых дизелей на комбинированное топливо: улучшение условий труда обслуживающего персонала за счёт снижения акустической нагрузки без применения дополнительных средств пассивной шумоизоляции. Экономический эффект может быть достигнут за счёт снижения затрат на средства индивидуальной защиты и уменьшения профессиональных рисков.

5. Перспективы дальнейших исследований связаны с проведением длительных эксплуатационных испытаний для оценки интегрального показателя шумовой нагрузки (эквивалентного уровня звука) в реальных условиях работы судна, а также с разработкой методики прогнозирования шумовых характеристик при различных соотношениях дизельного и газового топлив.

Список литературы

1. Измеров, Н. Ф. Профессиональные заболевания у работников водного транспорта: диагностика, лечение, профилактика / Н. Ф. Измеров, В. Л. Филиппов. – Москва : Медицина, 2018. – 256 с. – Текст : непосредственный.
2. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания : санитарные правила и нормы : утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 г. № 2 : введены в действие с 1 марта 2021 г. – Москва : Роспотребнадзор, 2021. – 469 с. – Текст : непосредственный.
3. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 : свод правил : утвержден Приказом Минрегиона России от 28 декабря 2010 г. № 825 : введен в действие с 20 мая 2011 г. – Москва : Минрегион России, 2011. – 46 с. – Текст : непосредственный.
4. Гаркуша, А.Н. Виброакустическая диагностика судовых дизелей / А.Н. Гаркуша, В.А. Марков. – Николаев: НУК, 2018. – 210 с.
5. Иванов, А. В. Исследование влияния газодизельного процесса на показатели работы транспортного дизеля / А. В. Иванов, П. А. Щуров. – Текст : непосредственный // Транспорт на альтернативном топливе. – 2022. – № 4 (70). – С. 28–34.
6. Лаптев, Н. А. Развитие инфраструктуры на внутренних водных путях российской федерации в целях обеспечения бункеровки газовым топливом судов с двигателями внутреннего сгорания на акватории Астрахань-Москва / Н. А. Лаптев // Прогрессивная экономика. – 2024. – № 1. – С. 85-101. – DOI 10.54861/27131211_2024_1_86. – EDN PMBUVA.
7. Природный газ как альтернатива жидким углеводородам на судах с дизельной установкой / Ю. И. Матвеев, Н. А. Лаптев, В. В. Кольванов, М. Ю. Храмов // Научные проблемы водного транспорта. – 2023. – № 75. – С. 127-135. – DOI 10.37890/jwt.vi75.359. – EDN LERNPN.
8. Патент № 2843053 С1 Российская Федерация, МПК F02M 21/02, F02M 35/10, F02M 35/16. устройство для раздельной подачи газов в дизельный двигатель : заявл. 06.12.2024 : опубл. 07.07.2025 / Ю. И. Матвеев, А. К. Лаптев, Н. А. Лаптев. – EDN NYGOZL.
9. Возницкий И.В. Эксплуатация судовых дизельных установок / И.В. Возницкий. – СПб.: Профессионал, 2019. – 412 с.
10. Кавтарадзе, Р. З. Теплофизические процессы в дизелях, конвертированных на природный газ и водород / Р. З. Кавтарадзе. – Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2011. – 240 с. – ISBN 978-5-7038-3482-4. – EDN ZCKZYU.
11. Патрахальцев Н.Н. Повышение экономических и экологических качеств двигателей внутреннего сгорания на основе применения альтернативных топлив / Н.Н. Патрахальцев. – М.: РУДН, 2008. – 267 с.

12. Иванов, Н. И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом : учебник / Н. И. Иванов. – Москва : Логос, 2013. – 432 с. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/9080.html> (дата обращения: 03.04.2026). – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – Текст : электронный.
13. Володин В.В. Теоретическое обоснование применения эффекта эжекции в системах подачи газообразного топлива в двигатель и моделирование параметров его работы // Вестник Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова. – 2012. – № 11. – С. 90–94.
14. Карнаухова И.В., Карнаухов В.Н., Захаров Д.А., Карнаухов О.В., Рындина О.В. Влияние коэффициента избытка воздуха на расход топлива дизельными двигателями внутреннего сгорания // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2016. – № 5. – С. 38-42. – DOI: 10.12737/article_58f9c4d93ed083.05626092.
15. Guo, J. Study on the Simplification Calculation Model of Marine Diesel Engine Exhaust Flow Based on Air-Fuel Ratio / J. Guo, L. Guo. – Текст : электронный // Mathematical Problems in Engineering. – 2022. – Vol. 2022. – Art. 2890035. – 12 p. – DOI: 10.1155/2022/2890035.

References

1. Izmerov, N.F., Filippov, V.L. (2018). Occupational Diseases among Water Transport Workers: Diagnosis, Treatment, Prevention. Moscow: Meditsina. 256 p.
2. SanPiN 1.2.3685-21. (2021). Hygienic Standards and Requirements for Ensuring Safety and (or) Harmlessness of Environmental Factors for Humans. Moscow: Rospotrebnadzor. 469 p.
3. SP 51.13330.2011. (2011). *Noise Protection. Updated Version of SNiP 23-03-2003*. Moscow: Minregion Rossii. 46 p.
4. Garkusha, A.N., Markov, V.A. (2018). Vibroacoustic Diagnostics of Marine Diesel Engines. Nikolaev: NUK. 210 p.
5. Ivanov, A.V., Shchurov, P.A. (2022). Study of the Influence of the Gas-Diesel Process on the Performance Indicators of a Transport Diesel. Transport on Alternative Fuel. No. 4 (70). pp. 28–34.
6. Laptev, N.A. (2024). Development of Infrastructure on Inland Waterways of the Russian Federation for Bunkering of Internal Combustion Engine Vessels with Gas Fuel in the Astrakhan-Moscow Water Area. Progressive Economy. No. 1. pp. 85–101. DOI: 10.54861/27131211_2024_1_86. EDN: PMBUVA.
7. Matveev, Yu.I., Laptev, N.A., Kolyvanov, V.V., Khramov, M.Yu. (2023). Natural Gas as an Alternative to Liquid Hydrocarbons on Ships with Diesel Power Plants. Scientific Problems of Water Transport. No. 75. pp. 127–135. DOI: 10.37890/jwt.vi75.359. EDN: LERNPN.
8. Matveev, Yu.I., Laptev, A.K., Laptev, N.A. (2025). Device for Separate Gas Supply to a Diesel Engine. Patent No. 2843053 C1 Russian Federation. Filed 06.12.2024. Published 07.07.2025. EDN: NYGOZL.
9. Voznitsky, I.V. (2019). Operation of Marine Diesel Power Plants. St. Petersburg: Professional. 412 p.
10. Kavtaradze, R.Z. (2011). Thermophysical Processes in Diesel Engines Converted to Natural Gas and Hydrogen. Moscow: Bauman Moscow State Technical University. 240 p. ISBN: 978-5-7038-3482-4. EDN: ZCKZYN.
11. Patrakhaltsev, N.N. (2008). Improvement of Economic and Environmental Qualities of Internal Combustion Engines through the Use of Alternative Fuels. Moscow: RUDN. 267 p.
12. Ivanov, N.I. (2013). Engineering Acoustics. Theory and Practice of Noise Control. Moscow: Logos. 432 p. URL: <https://www.iprbookshop.ru/9080.html> (accessed: 03.04.2026).
13. Volodin, V.V. (2012). Theoretical Justification of the Application of the Ejection Effect in Gaseous Fuel Supply Systems to an Engine and Modeling of Its Operating Parameters. Bulletin of the Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. No. 11. pp. 90–94.
14. Karnaukhova, I.V., Karnaukhov, V.N., Zakharov, D.A., Karnaukhov, O.V., Ryndina, O.V. (2016). Influence of the Excess Air Ratio on Fuel Consumption of Diesel Internal Combustion Engines. Bulletin of the Bryansk State Technical University. No. 5. pp. 38–42. DOI: 10.12737/article_58f9c4d93ed083.05626092.

15. Guo, J., Guo, L. (2022). Study on the Simplification Calculation Model of Marine Diesel Engine Exhaust Flow Based on Air-Fuel Ratio. *Mathematical Problems in Engineering*. Vol. 2022. Art. 2890035. 12 p. DOI: 10.1155/2022/2890035.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Лаптев Николай Александрович, ассистент кафедры эксплуатации судовых энергетических установок, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта»; 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: laptevlna@gmail.com

Nikolai A. Laptev, Assistant, Department of Operation of Ship's Power Plants, Volga State University of Water Transport; 5 Nesterova st., Nizhny Novgorod, 603951, Russia
e-mail: laptevlna@gmail.com

Матвеев Юрий Иванович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой эксплуатации судовых энергетических установок, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта»; 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: matveeveseu@mail.ru

Yuri I. Matveev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Operation of Ship's Power Plants, Volga State University of Water Transport; 5 Nesterova st., Nizhny Novgorod, 603951, Russia
e-mail: matveeveseu@mail.ru

Статья поступила в редакцию 14.04.2026; принята к публикации 18.05.2026; опубликована онлайн 20.06.2026. Received 14.04.2026; published online 20.06.2026.