

Научная статья  
УДК 62-623:665.73/.75

## Гибридная силовая установка для магистральных тягачей

**Ирина Сергеевна Нестеренко**

Омский государственный технический университет (ОмГТУ), Омск, Россия  
distant02@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4749-010X>

**Аннотация.** В данной статье рассматривается актуальный вопрос разработки гибридного газодизельного транспортного средства (ТС). Для сокращения материальных средств на топливо, рациональным решением считается монтаж газодизельной силовой установки. Представлены аргументы, обосновывающие необходимость развития применения газодизельного двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Проведен анализ топливной смеси, ценовой политики топливного рынка. Разработка данного типа транспортного средства актуальна для снижения материальных затрат за одно и то же пройденное расстояние.

Цель работы заключается в снижении материальных затрат на расходуемое топливо для магистральных тягачей. Объектом исследования является магистральный тягач КамАЗ-54901. Предмет научного исследования – оценка экономической целесообразности проекта. В заключительной части приведены практические рекомендации по использованию гибридной силовой установки с газодизельной системой питания.

**Ключевые слова:** силовой агрегат, дизельное топливо, гибридная установка, автомобиль, тягач.

**Для цитирования:** Нестеренко И.С. Гибридная силовая установка для магистральных тягачей // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2024. № 2 (40).

Original article

## Hybrid power plant for long-haul tractors

**Irina S. Nesterenko**

Omsk State Technical University (OMSTU), Omsk, Russia  
distant02@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4749-010X>

**Abstract.** This article discusses the current issue of developing a hybrid gas-diesel vehicle (VV). To reduce the cost of fuel, installing a gas-diesel power plant is considered a rational solution. Arguments are presented to justify the need to develop the use of a gas-diesel

internal combustion engine (ICE). An analysis of the fuel mixture and the pricing policy of the fuel market was carried out. The development of this type of vehicle is important to reduce material costs for the same distance traveled.

The goal of the work is to reduce the material costs of fuel consumed for long-haul tractors. The object of the study is the KamAZ-54901 main tractor. The subject of scientific research is assessing the economic feasibility of the project. The final part provides practical recommendations for using a hybrid power plant with a gas-diesel power system.

**Keywords:** power unit, diesel fuel, hybrid installation, car, tractor.

**For citation:** Nesterenko I.S. Hybrid power plant for long-haul tractors // *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*. 2024. № 2 (40).

### Введение

Автомобильные перевозки являются самыми распространенными и наиболее часто используемыми в России. Средний пробег магистрального тягача на дизельном топливе составляет 300 тыс. километров в год [1]. Затраты на топливо составляют более 20 % от накладных расходов. Снизить данные затраты можно используя альтернативные виды топлива.

Газодизельная силовая установка – энергетический агрегат, который работает на смеси дизельного (ДТ) и газомоторного топлива. Данная технология сочетает в себе высокую эффективность снижения выбросов вредных газов и более экономическое потребление топлива [2].

Преимущества газодизельных энергетических установок включает в себя низкие эксплуатационные расходы, снижение выбросов, увеличение долговечности оборудования и возможность работы на различных типах топлива. Такие установки имеют возможность использоваться в различных областях, где требуется эффективная и надежная генерация энергии, в том числе и в машиностроении [3].

В качестве объекта исследований был выбран магистральный тягач КамАЗ. Магистральный тягач КамАЗ-54901 – грузовое автотранспортное средство (АТС) класса «тягач», выпускаемый российским производителем.

Данное транспортное средство (ТС) предназначено для использования на дальних маршрутах и категорирован, как тяжелый тягач.

В качестве модернизации тягача предложено использовать гибридную силовую установку.

Гибридное ТС эксплуатируется на основе комбинации двух различных источников энергии, в рассматриваемом случае – газодизельное топливо и электродвигатель. Принцип работы гибридной машины состоит в том, что энергия, вырабатываемая при движении автомобиля, перерабатывается и используется для восполнения заряда батареи электродвигателя. В свою очередь он может использоваться для поддержания движения, особенно при низкой скорости или в «городском режиме».

Гибридные машины так же имеют возможность применять систему рекуперации энергии. Данная система позволяет преобразовать кинетическую энергию в электрическую. Этот процесс помогает улучшить эффективность использования топлива и сократить выбросы вредных веществ [4].

### **Обоснование использования электродвигателя**

Принцип работы электромашин основан на создании электромагнитного поля для преобразования электрической энергии в механическую и наоборот. Транспортные средства с гибридной силовой установкой работают на основе того, что электрический ток, протекающий через проводник, создает магнитное поле вокруг него. В зависимости от конструктивных решений инженеров и ее назначения магнитное поле может быть создано посредством электромагнитов или постоянных магнитов.

Самый распространённый тип электромашины – это электродвигатель, который преобразует электрическую энергию в механическую, обеспечивая вращения вала. Принцип работы электродвигателя основан на взаимодействии магнитного поля, созданного обмоткой статора, с магнитным полем ротора, что создает вращающий момент. В случае

электромашины, работающей как генератор, происходит обратный процесс: механическая энергия приводит в движение ротор, что вызывает изменение магнитного поля и индуцирует генерацию электрического тока в обмотках статора. Устройство электромашины состоит из статора (неподвижной части) и ротора (вращающейся части), которые взаимодействуют между собой для преобразования энергии [5].

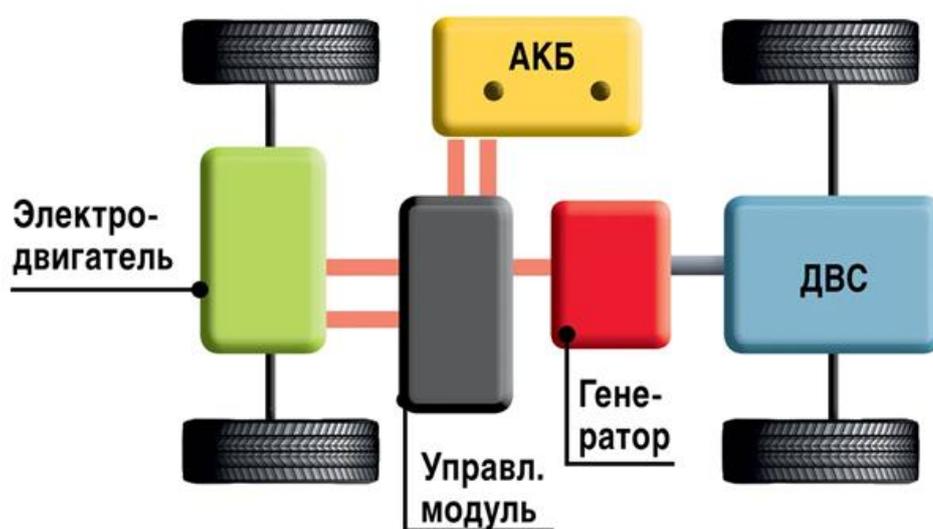


Рис. 1. Принцип работы гибридной газодизельной силовой установки

При эксплуатации тягача, оборудованного гибридной силовой установкой, можно получить рациональные тягово-скоростные характеристики, которые позволяют улучшить экономические показатели эксплуатации. Использование гибридной силовой установки вызывает изменения часового расхода топлива. Динамика изменения часового расхода топлива показана на рисунке 2 [6].

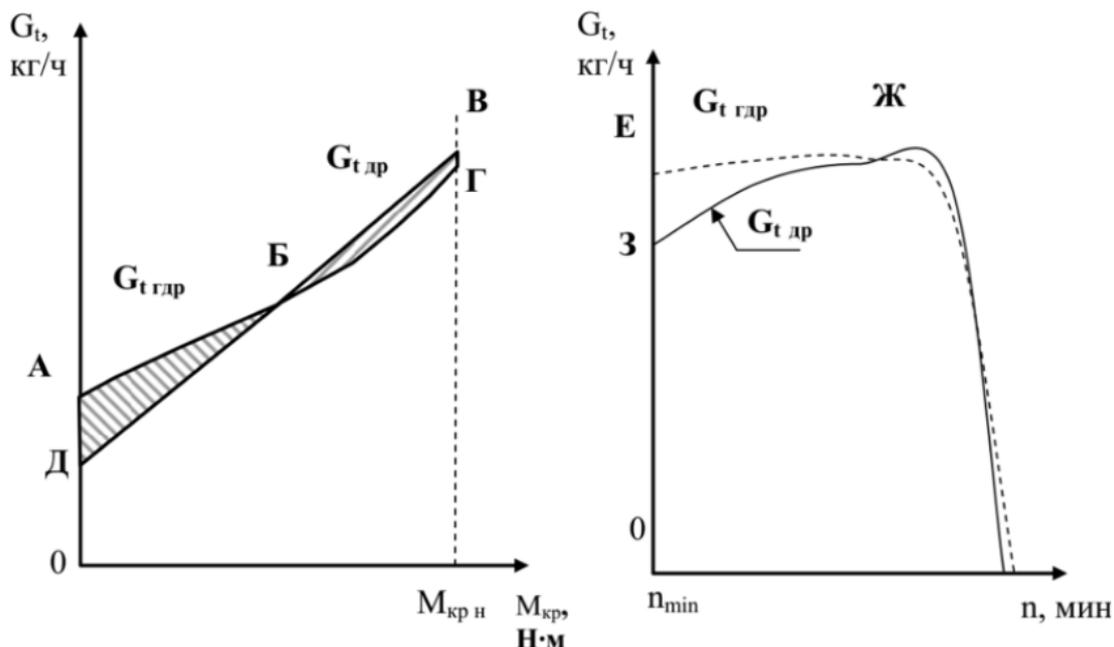


Рис. 2. Изменение часового расхода в дизельном и газодизельном режиме

Расход топлива транспортным средством играет важную роль при больших пробегах по нескольким причинам:

1. Экономия материальных затрат: снижение расхода топлива позволит существенно снизить затраты на его приобретение, что особенно актуально при больших пробегах, когда транспортное средство используется регулярно и на длинные расстояния;
2. Экологические аспекты: меньший расход топлива означает, что транспортное средство будет меньше загрязнять окружающую среду, что важно для сохранения и улучшения качества воздуха [7];
3. Улучшение производительности: более экономичное использование топлива может повысить производительность и эффективность работы транспортного средства, что важно при больших интенсивных нагрузках.

В целом, снижение расхода топлива при больших пробегах является важным аспектом для уменьшения эксплуатационных расходов, снижения негативного воздействия на окружающую среду и повышения производительности транспортного средства.

## Оценка целесообразности проекта

При монтаже электродвигателя необходимо учесть целесообразность проекта. По открытым данным из сети интернет средний пробег магистрального тягача на дизельном топливе составляет 300 тыс. км в год. Исходя из этого, есть возможность рассчитать материальные затраты на модернизированном ДВС - газодизельном (табл. 1) [8, 9]. Расход топлива, рассматриваемой машины 30 л. на 100 км [10, 11]:

$$P_{мз} = Ц \times P \times P_T$$

где  $P_{мз}$  – материальные затраты

$Ц$  – цена топлива, руб./л;

$P$  – расстояние, пройденное ТС, км;

$P_T$  – удельный расход топлива, л/км.

Средняя цена на ДТ – 65 руб./л

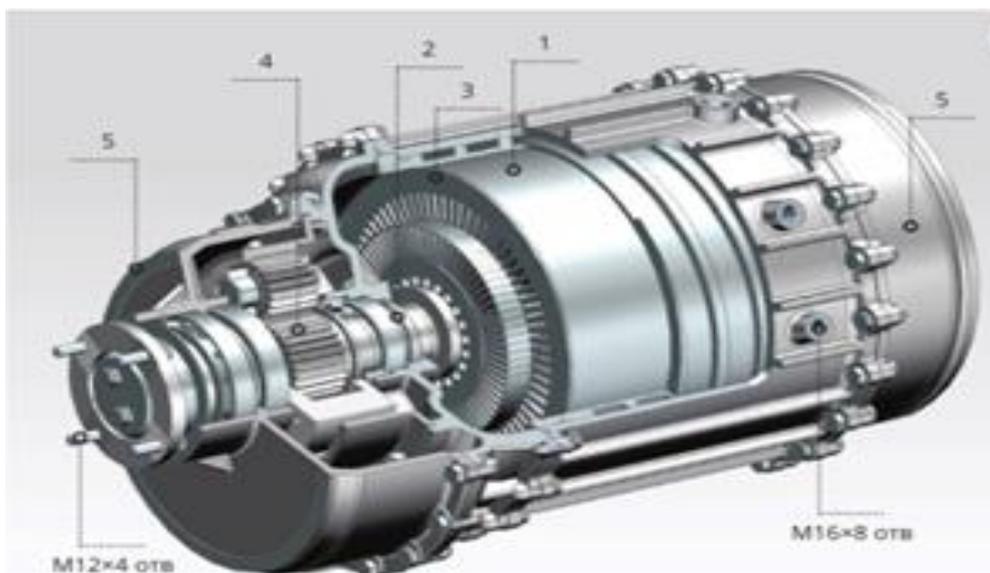
Средняя цена на газомоторное топливо – 22 руб./л [2]

Таблица 1

Экономическое сравнение дизельного и газодизельного режимов

Режим	Пробег (тыс. км)			
	0,1		300	
Дизельный (ДТ)	30 л.		90000 л.	
$P_{мз}$	1 950 руб.		5 850 000 руб.	
Газодизельный	ДТ	Газомоторное топливо	ДТ	Газомоторное топливо
	6 л.	24 л.	18 000 л.	72000 л.
$P_{мз}$	390 руб.	528 руб.	11 70000 руб.	1 584 000 руб.
	918 руб.		2 754 000 руб.	

Силовая установка автомобиля КамАЗ-54901 обладает мощностью 331 кВт, что соответствует техническим характеристикам (ТХ) асинхронного электродвигателя ТЭДН конструкция, которого представлена на рисунке 3 [12]. Предлагается интегрировать данный электродвигатель в конструкцию силовой установки данного автомобиля.



*Рис. 3. Конструкция электродвигателя ТЭДН; 1) рубашка охлаждения статора; 2) вал ротора с отверстием для охлаждения маслом и прокачкой масла в редуктор; 3) статор с обмоткой; 4) планетарный редуктор; 5) корпус.*

Принцип работы данной машины: газодизельная силовая установка под действием кинетической силы проворачивает специализированный генератор, который в свою очередь через управляющий модуль подает ток в электродвигатель, который приводит в движения колеса магистрального тягача.

Тяговая характеристика (рис. 4) транспортного средства с гибридной силовой установкой позволяет определить удельные значения силы тяги, а также определять для конкретной машины возможности по преодолению различных высот, получения мгновенного значения ускорения для выбранной скорости и включенной передачи. Можно определить диапазон рабочих частот двигателя, при которых необходимо переключаться на следующую передачу. Анализ тяговой характеристики позволяет также оптимизировать количество передач, тип трансмиссии, массу и мощность силовой установки для проектируемой машины.

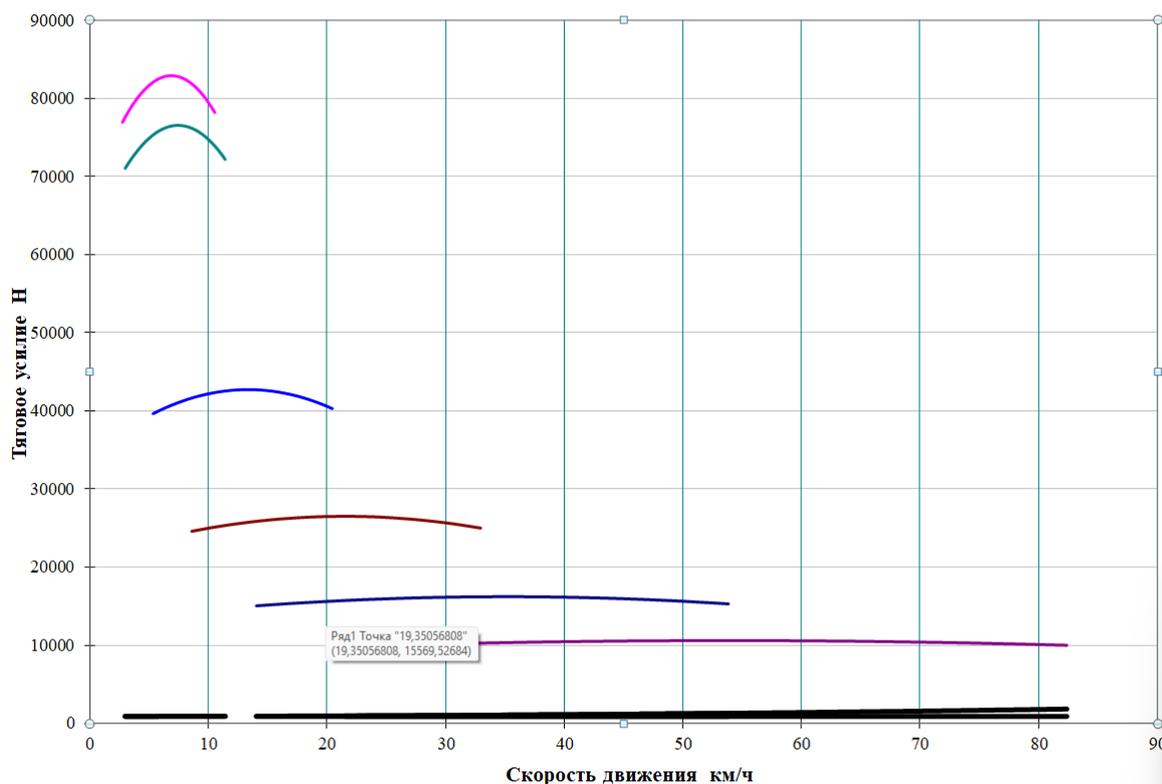


Рис. 4. Тягово-скоростная характеристика автомобиля с гибридной силовой установкой на основе газодизельного двигателя и электродвигателя ТЭДН

## Заключение

Таким образом, при сокращении затрат на топливо из-за интеграции электродвигателя с газодизельной силовой установкой, становится доступна возможность экономии материальных затрат на топливо. Газодизельная силовая установка выступает в роли генератора для электромотора. При монтаже данной системы мощностные, тягово-скоростные, внешне-скоростные параметры автомобиля изменяются в большую сторону и составят порядка 10-15%.

## Список источников

1. Пробег большегрузов / drivenn.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.drivenn.ru/journal/no\\_vosti/kakie-na-samom-dele-probegi-u-bolshegruzov-id31834?ysclid=lsq54jyibk612640508](https://www.drivenn.ru/journal/no_vosti/kakie-na-samom-dele-probegi-u-bolshegruzov-id31834?ysclid=lsq54jyibk612640508) (дата обращения: 21.02.2024).
2. Нестеренко, И. С. О целесообразности перевода парка автомобилей на газодизельное топливо / И. С. Нестеренко, Г. А. Нестеренко, В. С. Талызин // Автомобильная промышленность. – 2023. – № 2. – С. 20-21. – EDN NGURBD.

3. Nesterenko, G. A. Evaluation of the effectiveness of the use of an irrigation system using UAVS / G. A. Nesterenko // Journal of Agriculture and Environment. – 2024. – No. 1(41). – DOI 10.23649/JAE.2024.41.20. – EDN GRCXDO.
4. Предложения по организации рабочего процесса автомобильного газодизеля / В. В. Синявский, М. Г. Шатров, И. В. Максимов [и др.] // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2023. – № 2(36). – EDN TYANYO.
5. Прогнозирование изменения показателей дизеля при его конвертации для работы по газовому и газодизельному циклу / В. В. Синявский, И. А. Широков, Г. В. Пронченко, Е. А. Голдин // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2023. – № 2(36). – EDN OGEGXX.
6. Пути повышения эффективности газодизельного режима работы двигателя. / Надежность и эффективность МТА при выполнении технологических процессов studref.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://studref.com/510279/tehnika/puti\\_povysheniya\\_effektivnosti\\_gazodizelnogo\\_rezhima\\_raboty\\_dvigatelya?ysclid=lsqd4yrhhy131443572](https://studref.com/510279/tehnika/puti_povysheniya_effektivnosti_gazodizelnogo_rezhima_raboty_dvigatelya?ysclid=lsqd4yrhhy131443572) (дата обращения: 21.02.2024).
7. Таранов, М. А. Результаты экспериментального исследования влияния озонородной смеси на работу дизельного двигателя внутреннего сгорания / М. А. Таранов, П. В. Гуляев, М. Ю. Попов // Вестник аграрной науки Дона. – 2018. – № S4. – С. 28-33. – EDN ZCIBBB.
8. Зарифьян, А. А. Обзор конструкций тягового подвижного состава, оснащенных гибридным тяговым приводом / А. А. Зарифьян, Т. З. Талахадзе // Транспорт: наука, образование, производство: Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 18–21 апреля 2017 года. Том 1. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2017. – С. 136-139. – EDN YSNZFZ.
9. Нестеренко, И. С. К вопросу применения газодизельной силовой установки в районах Крайнего Севера / И. С. Нестеренко, Г. А. Нестеренко, В. С. Талызин // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2023. – № 4(38). – EDN SXJOLZ.
10. Рабочая смена водителей дальнего расстояния./ ГИБДД РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://omnicomm.pro/about/articles/prikaz-424-mintransa-rf/?ysclid=lsw14hkr79976548768> (дата обращения: 21.02.2024).
11. Технические характеристики электродвигателя / Системы электротяги. Модульное решение для электротранспорта. (novomet.ru) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.novomet.ru/rus/products-and-services/renewable-energy-solutions/traction-electric-motor/> (дата обращения: 21.02.2024)
12. Нестеренко, Г. А. Модернизация автомобиля «Ниссан Лаурель С33» для участия в соревнованиях по «дрифту» / Г. А. Нестеренко // Автомобильная промышленность. – 2023. – № 9. – С. 13-15. – EDN UDNBGO.

## References

1. URL: <https://www.drivenn.ru/journal/novosti/kakie-na-samom-dele-probegi-u-bolshegruzov-id31834?ysclid=lsq54jyi6k612640508> (02/21/2024).
2. Nesterenko I.S., Nesterenko G.A., Talyzin V.S. *Avtomobil'naya promyshlennost'*, 2023, no. 2, pp. 20-21.
3. Nesterenko G.A. *Journal of Agriculture and Environment*, 2024, no. 1(41), DOI 10.23649/JAE.2024.41.20.
4. Sinyavsky V.V., Shatrov M. G., Maksimov I.V., Vakulenko A.V., Golubkov L.N. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*, 2023, no. 2(36).
5. Sinyavsky V.V., Shirokov I.A., Pronchenko G. V., Goldin E. A. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*, 2023, no. 2(36).
6. URL: [https://studref.com/510279/tehnika/puti\\_povysheniya\\_effektivnosti\\_gazodizelnogo\\_rezhima\\_raboty\\_dvigatelya?ysclid=lsqd4yrhhy131443572](https://studref.com/510279/tehnika/puti_povysheniya_effektivnosti_gazodizelnogo_rezhima_raboty_dvigatelya?ysclid=lsqd4yrhhy131443572) (02/21/2024).
7. Taranov M.A., Gulyaev P.V., Popov M.Yu. *Vestnik agrarnoy nauki Dona*, 2018, no. S4, pp. 28-33.
8. Zarifyan A. A., Talakhadze T.Z. *Transport: nauka, obrazovaniye, proizvodstvo*, Sbornik trudov konferentsii, Rostov-na-Donu, Rostovskiy gosudarstvennyy universitet putey soobshcheniya, 2017, vol. 1, pp. 136-139.
9. Nesterenko I.S., Nesterenko G.A., Talyzin V.S. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*, 2023, no. 4(38).
10. URL: <https://omnicomm.pro/about/articles/prikaz-424-mintransa-rf/?ysclid=lsw14hkr79976548768> (02/21/2024).
11. URL: <https://www.novomet.ru/rus/products-and-services/renewable-energy-solutions/traction-electric-motor/> (02/21/2024).
12. Nesterenko G. A. *Avtomobil'naya promyshlennost'*, 2023, no. 9, pp. 13-15.

Рецензент: Е.А. Дорофеев, канд. техн. наук, доц., ОмГТУ

### *Информация об авторе*

**Нестеренко Ирина Сергеевна**, ст. преподаватель, ОмГТУ.

### *Information about the author*

**Nesterenko Irina S.**, senior lecturer, OmSTU.

Статья поступила в редакцию 16.05.2024; одобрена после рецензирования 21.05.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 16.05.2024; approved after reviewing 21.05.2024; accepted for publication 10.06.2024.