

**Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные)**

Научная статья

УДК 629.4.069

<https://doi.org/10.24866/2227-6858/2023-4/83-92>

В.И. Кочергин, Е.С. Зинченко

КОЧЕРГИН ВИКТОР ИВАНОВИЧ – д.т.н., доцент, зав. кафедрой «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин», [vkplus2011@yandex.ru](mailto:vkplus2011@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4883-1458>ЗИНЧЕНКО ЕВГЕНИЙ СЕРГЕЕВИЧ – аспирант, [askambaska@mail.ru](mailto:askambaska@mail.ru),<https://orcid.org/0000-0002-6284-2786>*Сибирский государственный университет путей сообщения*

Новосибирск, Россия

**Повышение эффективности работы энергетических установок в режиме холостого хода**

**Аннотация.** Цель настоящего исследования – анализ особенностей эксплуатации дизель-генераторных судовых энергетических установок и вопросов повышения их энергетической эффективности в режимах холостого хода и малых нагрузок. Дизель-генераторы в последнее время широко используются в составе вспомогательных и основных судовых энергетических установок. Работа судового дизеля в режимах холостого хода и малых нагрузок характеризуется увеличением расхода топлива и повышенными выбросами вредных веществ в атмосферу. Вопросам минимизации негативного влияния данных режимов на технико-экономические показатели энергетических установок уделяется недостаточное внимание. Проведенные исследования подтвердили данные литературных источников, что значительный промежуток времени транспортные дизель-генераторы могут работать в нагрузочных режимах, близких к режиму холостого хода. В ходе исследований использовалась аналитическая система оперативного контроля энергетической эффективности, алгоритм контроля которой основан на дискретном измерении параметров внешней нагрузки и соответствующей электрической мощности в коротком временном интервале. С целью обеспечения оптимизации работы дизель-генератора и повышения эффективности контроля его энергетической эффективности рекомендована раздельная регистрация расхода топлива в двух нагрузочных режимах холостого хода. Для повышения технико-экономических и экологических показателей энергетических установок предложена конструкция устройства для управления работой дизель-генератора в режимах холостого хода и малых нагрузок.

**Ключевые слова:** энергетическая установка, холостой ход, дизель-генератор, расход топлива, энергетическая эффективность

**Для цитирования:** Кочергин В.И., Зинченко Е.С. Повышение эффективности работы энергетических установок в режиме холостого хода // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2023. № 4(57). С. 83–92.

**Введение**

Дизель-генераторные судовые энергетические установки (СЭУ) широко используются в качестве не только вспомогательных, но и основных СЭУ. Это обусловлено, в том числе, настоятельной необходимостью более широкого применения систем частичного или полного электродвижения и единых электроэнергетических систем корабля. При этом по большей части остаются нерешенными проблемы устранения основных недостатков дизельных СЭУ, таких как зависимость мощности от частоты вращения коленчатого вала, неравномерность крутящего момента, наличие значительных крутильных колебаний на валу отбора мощности и высокая стоимость дизельного топлива [9, 10]. Кроме того, следует учесть, что большую часть

времени работы судовых дизелей составляют неустановившиеся режимы, характеризующиеся постоянным и стохастическим изменением во времени уровня внешней нагрузки, частоты вращения и других основных параметров работы судовой энергетической установки. Цель настоящего исследования – анализ особенностей эксплуатации дизель-электрических судовых энергетических установок и вопросов повышения их энергетической эффективности, в частности в режимах холостого хода и малых нагрузок.

Нестабильность уровня мощности при стохастическом изменении величины внешней нагрузки в каждом из возможных вариантов текущих нагрузочных режимов обусловлена переходными процессами в дизель-генераторе, системах управления дизелем, а также изменениями режимов нагрузки вспомогательных агрегатов. В условиях воздействия неустановившихся нагрузок повышаются и требования к качеству регулирования частоты вращения, поскольку в этом случае могут быть востребованы высокие показатели стабильности частоты переменного тока. Переменный характер нагрузки при эксплуатации дизель-генераторных установок приводит к недоиспользованию мощности дизеля и возникновению переходных процессов в генераторных установках.

В этих условиях возникают проблемы, связанные со сложностью оценки реальных показателей топливной экономичности СЭУ, являющейся одной из основных характеристик, определяющих эффективность ее эксплуатации, так как зависимости расхода топлива от нагрузочного режима нелинейны и далеко не всегда поддаются вычислению на основе использования внешних или винтовых характеристик. Транспортные двигатели, особенно судовые и локомотивные, значительную часть рабочего времени находятся в нерасчетных условиях, то есть когда частота вращения коленчатого вала и нагрузка преимущественно ниже номинальных значений [2]. Оптимизацию характеристик дизель-генератора по экономическим параметрам наиболее целесообразно выполнять по параметрам его энергетической эффективности, которые определяются, в первую очередь, текущими значениями удельного расхода топлива, причем в ряде случаев наиболее экономичными будут характеристики, рассчитанные по критерию экономичности дизеля в режиме холостого хода [5]. При оценке данных параметров необходимо использовать методики контроля текущих значений расхода топлива  $b$ , основанные на учете его изменения в зависимости от конкретного нагрузочного режима. Например, для дизель-генераторных установок может быть рекомендовано использование выражения

$$b = \frac{1,36g_eHC}{\eta_r} + \frac{B_x}{\mathcal{E}},$$

где  $g_e$  – удельный расход топлива при уровне мощности 75 % от паспортной номинальной величины;  $H$  – коэффициент, учитывающий уровень полезной нагрузки;  $C$  – коэффициент, учитывающий техническое состояние энергетической установки;  $\eta_r$  – КПД дизель-генератора на конкретном нагрузочном режиме работы;  $\mathcal{E}$  – ожидаемая выработка электроэнергии в кВт·ч;  $B_x$  – расход топлива дизель-генератора на холостом ходу.

Параметр  $B_x / \mathcal{E}$  обычно считается незначительным, им можно пренебречь при оценке энергетической эффективности, но работа главных и вспомогательных энергетических установок зачастую сопровождается достаточно высокой продолжительностью работы в режиме холостого хода. При этом анализ научных публикаций показывает, что вопросам анализа особенностей и продолжительности работы судовых энергетических установок в режимах, близких к режиму холостого хода, уделяется недостаточное внимание, несмотря на то, что режим холостого хода, характеризующийся неполным сгоранием топлива, снижением показателей энергетической эффективности и повышенными выбросами вредных веществ в атмосферу, является одним из наиболее неблагоприятных режимов работы дизеля. Неизбежное снижение в режимах холостого хода и малых нагрузок теплового состояния двигателя и качества термодинамических процессов относительно оптимальных значений приводит к увеличению расхода топлива, повышению уровня механических потерь и возрастанию величины коэффициента избытка воздуха, что в итоге вызывает снижение индикаторного КПД двигателя. Снижение

КПД на исследуемых режимах особенно существенно проявляется в отношении дизелей с газотурбинным наддувом [2]. Исследования в данной области известны в основном применительно к транспортным энергетическим установкам подвижного состава железнодорожного транспорта, указывающие, что при расчете затрат на выполнение полезной работы рекомендуется в обязательном порядке учитывать особенности эксплуатации дизель-генераторов на холостом ходу, так как у тепловозных дизелей работа в режимах холостого хода и малых нагрузок составляет от 31 до 68 %, а в некоторых случаях может достигать 96 % от общего времени работы, при этом доля расхода топлива в режиме холостого хода составляет до 84 % [2, 3, 14].

В некоторых правилах технической эксплуатации судовых дизелей прямо указывалось на необходимость ограничения времени работы дизеля в режимах малой нагрузки и холостого хода, а именно допускалась непрерывная работа дизельного ДВС на холостом ходу не более 30 мин, а в режиме самого малого хода – не более 1 ч [11]. В общем случае не рекомендуется допускать продолжительной эксплуатации дизель-генераторных установок при уровнях нагрузки менее 30–40 % от номинала и в режиме холостого хода. В данных режимах работы необходимо поддерживать температуру жидкости, используемой для охлаждения поршней и цилиндров, на уровне верхнего предела, допускаемого заводом-изготовителем; а при продолжительной работе дизельного двигателя на таких режимах нужно выводить его на 10–15 мин в режим повышенной нагрузки с целью уменьшения нагарообразования в камерах сгорания и газоотводящем тракте.

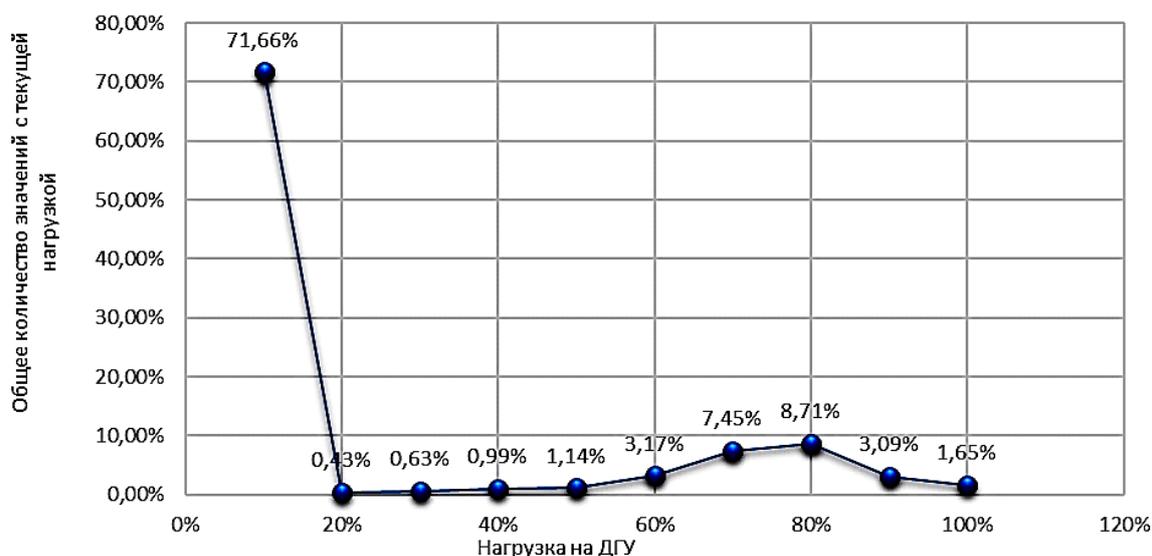
Задачами данного исследования являются исследование режимов работы и состава рабочего времени транспортных дизель-генераторных установок и предложения по повышению эффективности работы дизель-генераторов в режиме холостого хода.

### **Исследования режимов работы транспортных дизель-генераторов**

Существующие процедуры нормирования расхода дизельного топлива, как правило, не обеспечивают объективное дифференцирование норм расхода для различных нагрузочных режимов работы энергетической установки. Кроме непроизводительного расходования топливно-энергетических ресурсов в различных рабочих режимах при анализе процессов контроля энергетической эффективности следует учитывать субъективный фактор поведения обслуживающего персонала при списании топлива. Человеческий фактор имеет важное значение для эффективной и безопасной эксплуатации судового дизеля, в том числе для обеспечения экономии расходования топливно-энергетических ресурсов [8]. Для минимизации его влияния на параметры энергоэффективности необходимо наряду с административными методами обеспечить преимущественное использование методов технических и организационных, основанных на внедрении прогрессивных методов контроля [13]. Для достижения поставленных целей и подтверждения данных о значительном времени работы дизель-генераторов на холостом ходу были проведены исследования режимов работы и состава транспортных дизель-генераторов на примере транспортной дизель-генераторной энергетической установки (ДГУ), оснащенной дизелем 8ЧН 13/14 и синхронным генератором ГСФ 200.

В качестве регистрирующей аппаратуры при проведении исследований использовалась разработанная в Сибирском государственном университете путей сообщения аналитическая система оперативного контроля энергетической эффективности, алгоритм контроля которой основан на фиксации величины силы тока и напряжения на каждой из трех фаз генераторной установки, времени работы дизель-генератора на конкретном нагрузочном режиме, на вычислении потребляемой электрической мощности, а также определении на основе зависимостей текущих и суммарных значений расхода топлива [4, 6]. Особенностью предлагаемого алгоритма оценки топливной экономичности энергетических установок является дискретный контроль значений силы тока и напряжения на каждой из фаз генератора на конкретном нагрузочном режиме в коротком временном интервале (2 с) с привязкой ко времени и координатам

нахождения транспортного средства. Такой подход существенно уменьшает погрешность контроля, в том числе при работе на переходных режимах. График полученной зависимости общего количества анализируемых дискретных измерений текущих значений уровней мощности дизель-генераторной установки от диапазона значений внешней нагрузки представлен на рис. 1.



**Рис. 1. Зависимость общего количества измерений от диапазона значений внешней нагрузки**

Полученные результаты доказывают, что значительный промежуток времени исследуемый дизель-генератор работал в условиях холостого хода и малых нагрузок. В связи с необходимостью анализа состава работы энергетической установки на данных нагрузочных режимах предложено усовершенствовать алгоритм контроля энергетической эффективности путем раздельного контроля расхода топлива в различных режимах холостого хода и под нагрузкой. С этой целью в состав аналитической системы дополнительно введен контроль величины частоты вращения коленчатого вала дизеля.

Система автоматического регулирования частоты вращения, используемая при проведении экспериментальных работ дизель-генераторной установки, позволяет поддерживать два уровня угловой скорости коленчатого вала дизеля: 800 об/мин в режиме холостого хода и 1500 об/мин в нагрузочном режиме. Установлено, что в реальных условиях эксплуатации вследствие субъективного фактора двигатель энергетической установки может продолжительное время работать в режиме номинальной частоты вращения 1500 об/мин практически при отсутствии внешней нагрузки [4].

Для обеспечения оптимизации работы дизель-генератора в режимах холостого хода и повышения объективности контроля расхода топлива предложена раздельная регистрация времени работы и расхода топлива в следующих основных нагрузочных режимах:

- 1) режим холостого хода 1 (Х.Х.1) с нормальной частотой вращения холостого хода в диапазоне от 800 до 900 мин<sup>-1</sup>;
- 2) режим холостого хода 2 (Х.Х.2) с завышенной частотой вращения в диапазоне от 1300 до 1500 мин<sup>-1</sup>;
- 3) рабочий режим дизель-генераторной установки с токовой нагрузкой на генератор ДГУ более 25 А и с частотой вращения коленчатого вала дизеля, близкой к номинальной величине 1500 мин<sup>-1</sup>.

Основная сложность практической реализации предложенных изменений алгоритма контроля заключалась в объективной градации выбранных режимов работы, так как отсутствие внешней полезной нагрузки не означает, что на выходе генератора мы имеем близкие к нулю значения силы тока. В любом случае присутствует нагрузка на одну или несколько фаз генераторной установки, позволяющая обеспечивать заряд аккумуляторных батарей, питание

систем освещения и сигнализации и т.п. В то же время наличие незначительного уровня внешней нагрузки не приводит к значительному увеличению расхода топлива по сравнению с холостым ходом. Следовательно, необходимы граничные значения выходной электрической мощности генератора, позволяющие дифференцировать режимы работы дизель-генератора. Установленные экспериментальным путем граничные значения ежесекундного расхода топлива составили: для режима холостого хода 1 – 0,6860 г/с, для режима холостого хода 2 – 1,8177 г/с, для рабочего режима – 2,4453 г/с. Данные значения не являются абсолютными, они лишь показывают величину минимального значения расхода топлива, ниже которого она не может опуститься при нахождении в том или ином нагрузочном режиме.

Анализ состава рабочего времени исследуемой транспортной дизель-генераторной энергетической установки на протяжении двух месяцев показал, что соотношение времени нахождения дизель-генератора в режимах холостого хода Х.Х. 1, холостого хода Х.Х. 2 и в рабочем режиме составляет соответственно 58 %, 15 % и 27 % (рис. 2).

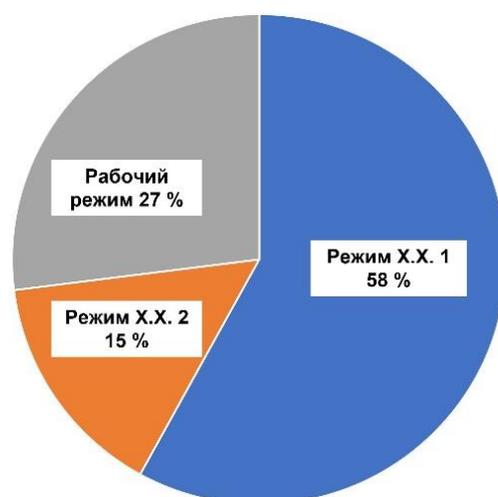


Рис. 2. Соотношение нагрузочных режимов дизель-генератора

### Предложения по повышению эффективности работы дизель-генераторов в режиме холостого хода

При эксплуатации дизель-генераторных энергетических установок, как указывалось ранее, не рекомендуется их длительная работа (более 10-30 мин) в режимах холостого хода и малых нагрузок в связи с негативным влиянием данных нагрузочных режимов на показатели безотказности и долговечности, а также на экологические характеристики дизельных двигателей. Для повышения эффективности эксплуатации дизель-генераторов необходимо периодически создавать искусственную нагрузку в размере не менее 30–70 % от номинальной мощности.

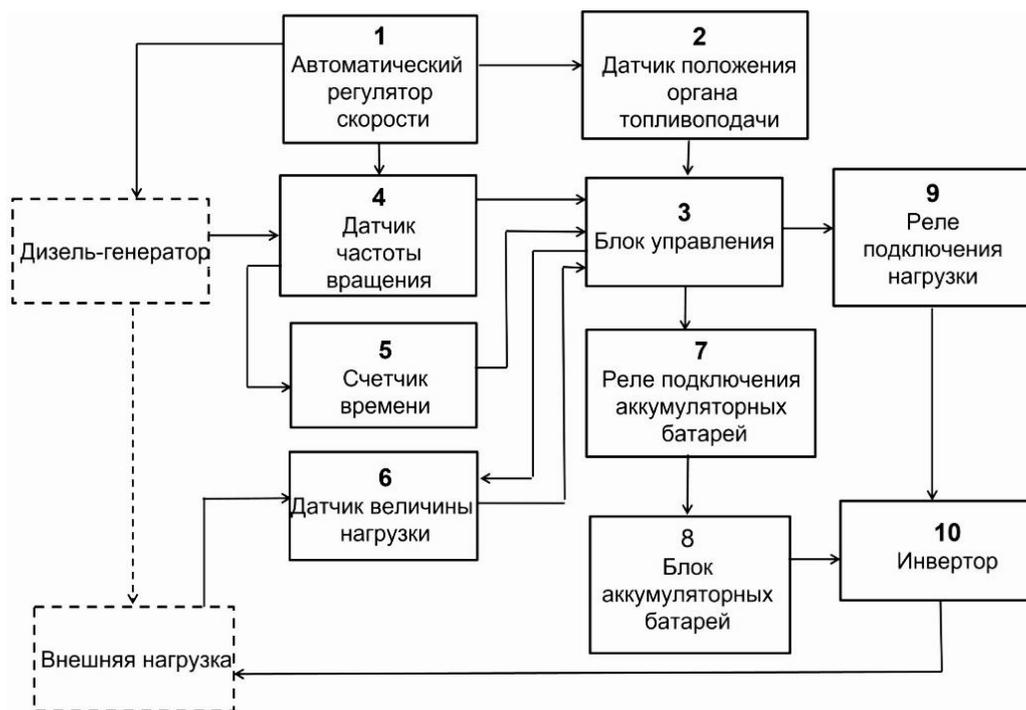
Известны различные способы повышения экономичности дизельных энергетических установок, снижения токсичности выбросов и повышения показателей безотказности и надежности в режимах холостого хода и малых нагрузок, к основным из которых можно отнести [1, 2, 7]:

- изменение полезного рабочего объема дизеля путем отключения части цилиндров или части рабочих циклов;
- динамическое нагружение;
- дросселирование нагрузочного воздуха для наддувных дизелей;
- изменение характеристик топливоподачи;
- стабилизация цилиндровых мощностей дизеля путем применения электронной системы управления подачей топлива.

Большинство указанных способов относится к конструктивным мероприятиям, не пригодным для использования на эксплуатируемых энергетических установках. Наиболее широко

известны способы управления работой транспортных двигателей внутреннего сгорания на основе динамического нагружения ДВС, например, периодическим воздействием выбегов и разгонов ДВС либо путем отключения части цилиндров. Данные варианты обладают рядом недостатков, а именно: сложность системы управления динамическими режимами и необходимость наличия дополнительных исполнительных механизмов; негативное воздействие динамических переходных нагрузочных режимов на критериальные детали двигателя; сложность применения при работе энергетической установки в режимах малых нагрузок. Кроме того, такие способы минимизации негативного влияния режимов работы, близких к режиму холостого хода, недостаточно приспособлены для использования на дизель-генераторных установках, поскольку специфической особенностью работы дизель-генераторных энергетических установок является постоянство угловой скорости вращения коленчатого вала. Применительно к дизель-генераторам наиболее приемлемым техническим решением, не требующим кардинальных конструктивных изменений энергетических установок, следует считать искусственное повышение нагрузки с помощью дополнительных нагрузочных устройств на основе непрерывного мониторинга текущих значений полезной мощности.

Для управления работой дизель-генератора в режимах холостого хода и малых нагрузок предлагается устройство, структурная схема которого представлена на рис. 3 [12]. Устройство состоит из автоматического регулятора скорости двигателя 1, датчика положения органа топливоподачи 2, блока управления 3, датчика частоты вращения коленчатого вала 4, счетчика времени 5, датчика величины нагрузки 6, реле подключения аккумуляторных батарей 7, блока аккумуляторных батарей 8, реле подключения нагрузки 9 и инвертора 10.



**Рис. 3. Структурная схема устройства для управления работой дизель-генератора в режимах холостого хода и малых нагрузок**

При пуске двигателя сигнал от установленного на коленчатом валу дизеля датчика частоты вращения о начале работы и текущих значениях угловой скорости поступает на автоматический регулятор скорости двигателя, при этом датчик положения органа топливоподачи получает от автоматического регулятора скорости сведения о положении рейки топливного насоса. Одновременно информация о пуске двигателя дизель-генераторной установки поступает на счетчик времени, который после включения отсчитывает заданный начальный интервал времени от 5 до 20 мин, необходимый для прогрева двигателя до рабочей температуры. Настройка величины начального интервала производится в ручном режиме в зависимости от

температуры окружающего воздуха. По истечении данного интервала времени информация о выходе двигателя на рабочий режим со счетчика поступает на блок управления, тем самым запуская его в работу. Датчик величины нагрузки путем измерения величины силы тока на выходе генератора фиксирует отсутствие либо низкий уровень внешней нагрузки дизель-генератора. Если с момента включения прошло заданное количество времени, например, 10 мин, и при этом от датчиков положения органа топливоподачи, частоты вращения и величины нагрузки поступает информация о нахождении дизель-генератора в режиме холостого хода или малой (менее 20 % от номинальной величины) нагрузки, то блок управления посредством реле подключения аккумуляторных батарей подключает внешнюю нагрузку в виде зарядки аккумуляторных батарей, объединенных в блок. Величина данной нагрузки зависит от размера блока аккумуляторных батарей. Если же в электрической сети на выходе генератора появляется внешняя нагрузка, превышающая установленный минимальный уровень, блок управления отключает с помощью реле зарядку батарей. При значительном увеличении внешней нагрузки, например, до уровня 70 % от номинала, блок управления включает реле подключения нагрузки и подачу во внешнюю сеть потребителей электрической энергии переменного тока через инвертор от блока аккумуляторных батарей, обеспечивая снижение расхода топлива дизель-генератора, что особенно актуально при использовании на судах систем частичного или полного электродвижения и единых электроэнергетических систем.

Применение данного устройства для управления работой дизель-генератора в режимах холостого хода и малых нагрузок позволит без внесения изменений в конструкцию двигателя уменьшить время работы дизель-генераторной установки в режимах холостого хода и малых нагрузок и тем самым повысить показатели надежности, экологичности и экономичности дизель-генераторов.

### **Обсуждение результатов**

Авторы признают, что полученное соотношение нагрузочных режимов дизель-генераторной энергетической установки может считаться лишь частным примером. Для подтверждения объективности результатов необходимы исследования условий эксплуатации достаточно большого количества судовых дизель-генераторов, что представляется затруднительным исходя из состава флотов Обь-Иртышского бассейна внутренних водных путей. Тем не менее можно считать правомерным утверждение о том, что значительную часть рабочей смены судовые энергетические установки могут работать в режимах, близких к режиму холостого хода.

Применительно к дизель-генераторным энергетическим установкам для объективной и оперативной оценки энергетической эффективности целесообразно использовать алгоритм контроля расхода топлива, основанный на непрерывном дискретном измерении и фиксации значений силы тока на каждой из фаз генератора в коротком временном интервале 2 с. По большинству анализируемых показателей предлагаемый метод контроля энергоэффективности посредством непрерывной дискретной оценки потребляемой электрической мощности обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами контроля расхода топлива. Реализация предлагаемого метода позволит минимизировать влияние человеческого фактора при контроле и списании топлива и обеспечить возможность экономии топливно-энергетических ресурсов.

### **Заключение**

Поскольку длительная работа дизель-генераторной энергетической установки в режимах холостого хода и малых нагрузок приводит к снижению экономичности, показателей безотказности и надежности, а также повышению токсичности выбросов, необходимо уделять большее внимание вопросам минимизации негативного влияния данных нагрузочных режимов на технико-экономические показатели СЭУ. Анализ результатов проведенных экспериментальных исследований показал, что дифференцированный контроль расхода топлива в различных нагрузочных режимах, таких как холостой ход с нормальной частотой вращения

коленчатого вала, холостой ход с повышенной частотой вращения и рабочий режим, создает предпосылки обеспечения экономии топлива в размере не менее чем 4–5 %. Для снижения негативного воздействия данных режимов на технико-экономические и экологические показатели предложена конструкция устройства для управления работой дизель-генератора в режимах холостого хода и малых нагрузок.

Заявленный вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Аношина Т.С. Повышение экономических и экологических качеств транспортного дизеля при работе на режимах малых нагрузок и холостых ходов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02. Москва, 2014. 19 с.
2. Ведрученко В.Р., Крайнов В.В. Повышение экономичности тепловозных и судовых двигателей на малых нагрузках и холостом ходу дросселированием нагрузочного воздуха // Омский научный вестник. 2004. № 0. С. 97–103.
3. Дьяконов М.Ю., Зайцев В.В., Бахрачева Ю.С. Оптимизация режимов работы тепловозных дизель-генераторов // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2013. Т. 3, № 2. С. 193–196.
4. Зинченко Е.С., Кочергин В.И. Контроль режимов работы специального подвижного состава // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. 2022. № 2(31). С. 26–31.
5. Кирьяков М.Н. Расчет оптимальной тепловозной характеристики дизеля // Транспорт Урала. 2011. № 2(29). С. 71–74.
6. Кочергин В.И., Зинченко Е.С. Контроль расхода топлива энергетических установок на основе регистрации текущих значений мощности // Научные проблемы водного транспорта. 2022. № 72(3). С. 78–89.
7. Крохта Г.М., Лифшиц В.М., Усатых Н.А. Эффективность динамического режима прогрева двигателя 4Ч 11,0/12,5 (Д-240) в межсезонный период // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32, № 5. С. 74–77.
8. Лобачев А.В., Соболенко А.Н. Анализ причин возникновения дефектов коленвала и подшипников на главном дизеле 8NVDS48A-3U теплохода «Иван Жданов» // Вестник Инженерной школы ДВФУ. 2022. № 2 (51). С. 47–54.
9. Мухаметшин И.Т., Максимов М.В., Горбунов С.А. Основные направления развития энергетических установок надводных кораблей Военно-морского флота // Военная мысль. 2021. № 8. С. 115–125.
10. Никитин В.С., Половинкин В.Н., Барановский В.В. Современное состояние и перспективы развития отечественных корабельных дизельных энергетических установок // Труды Крыловского государственного научного центра. 2017. № 2(380). С. 70–91.
11. Правила технической эксплуатации судовых дизелей. Санкт-Петербург, Москва: Гипрорыбфлот-Сервис, 1999. 168 с.
12. Устройство для управления работой дизель-генератора в режимах холостого хода и малых нагрузок: пат. 2795143 Российская Федерация: МПК F02D 29/06, H02P 9/08 / В.И. Кочергин, Е.С. Зинченко; Новосибирск. СГУПС. № 2022126291; заявл. 07.10.2022; опубл. 07.10.2022; Бюл. № 13.
13. Чазов А.В., Чазова Т.Ю. Энергоэффективность в системе инновационной экономики. Екатеринбург: УрФУ, 2020. 171 с. URL: <https://study.urfu.ru> (дата обращения: 20.10.2023).
14. Щуров Н.И., Гурова Е.Г., Макаров С.В., Стрельникова Д.М. Анализ режимов работы силовых установок маневровых тепловозов // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 3. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=13504> (дата обращения: 20.10.2023).

Original article

<https://doi.org/10.24866/2227-6858/2023-4/83-92>

Kochergin V., Zinchenko E.

VICTOR I. KOCHERGIN, Doctor of Engineering Sciences, vkplus2011@yandex.ru,

<https://orcid.org/0000-0002-4883-1458>

EVGENII S. ZINCHENKO, Postgraduate Student, askambaska@mail.ru,

<https://orcid.org/0000-0002-6284-2786>,*Siberian Transport University*

Novosibirsk, Russia

### Improving the efficiency of power plants in idle mode

**Abstract.** The purpose of this study is to analyze the peculiarities of the operation of diesel-generator marine power plants and issues of increasing their energy efficiency in idle and low load modes. Diesel generators have recently been widely used as part of auxiliary and main marine power plants. The operation of the ship's diesel in idle and low load modes is characterized by an increase in fuel consumption and increased emissions of harmful substances into the atmosphere. The issues of minimizing the negative impact of these regimes on the technical and economic indicators of power plants are currently receiving insufficient attention. The studies carried out confirmed the data of literary sources that a significant period of time transport diesel generators can operate in load modes close to idle mode. During the studies, an analytical system for operational monitoring of energy efficiency was used, the control algorithm of which is based on discrete measurement of external load parameters and corresponding electrical power in a short time interval. In order to optimize the operation of the diesel generator and increase the objectivity of monitoring its energy efficiency, it is recommended to separately record fuel consumption in two load modes of idle operation. In order to increase technical, economic and environmental indicators of power plants, the design of a device for controlling the operation of a diesel generator in idle and low load modes is proposed.

**Keywords:** power plant, idling, diesel generator, fuel consumption, energy efficiency

**For citation:** Kochergin V., Zinchenko E. Improving the efficiency of power plants in idle mode. *FEFU: School of Engineering Bulletin*. 2023;(4):83–92. (In Russ.).

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interests.

### REFERENCES

1. Anoshina T. S. Improving the economic and environmental qualities of the transport diesel engine when operating in low load and idle modes. Extended abstract of candidate's thesis. Moscow, 2014. 19 p. (In Russ.).
2. Vedruchenko V.R., Krajnov V.V. Increasing the efficiency of diesel locomotive and marine engines at low loads and idling by throttling of load air. *Omskij nauchnyj vestnik*. 2004:97–103. (In Russ.).
3. D'yakonov M.Yu., Zajcev V.V., Bahracheva Yu.S. Optimization of diesel locomotive generators operation modes. *Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii*. 2013;3(2):193–196. (In Russ.).
4. Zinchenko E.S., Kochergin V.I. Monitoring of special rolling stock operating modes. *Transport Aziatsko-Tihookeanskogo regiona*. 2022;(2):26–31. (In Russ.).
5. Kiryakov M.N. Calculation of the optimal diesel locomotive performance. *Transport Urala*. 2011;(2):71–74. (In Russ.).
6. Kochergin V.I., Zinchenko E. S. Monitoring of fuel consumption of power plants based on recording of current power values. *Nauchnye problemy vodnogo transporta*. 2022;(3):78–89. (In Russ.).
7. Krohta G.M., Lifshic V.M., Usatyh N.A. Efficiency of dynamic engine warm-up mode 4Ch /11.0/12.5 (D-240) in inter-shift period. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2018;32(5):74–77. (In Russ.).

8. Lobachev A.V., Sobolenko A.N. Analysis of the causes of defects in the crankshaft and bearings on the main diesel engine of the 8NVDS48A-3U motor ship "Ivan Zhdanov". *FEFU: School of Engineering Bulletin*. 2022;(2):47–54. (In Russ.).
9. Nikitin V.S., Polovinkin V.N., Baranovsky V.V. Current state and prospects for the development of domestic ship diesel power plants. *Trudy Krylovskogo gosudarstvennogo nauchnogo centra*. 2017;(2):70–91. (In Russ.).
10. Mukhametshin I.T., Maksimov M.V., Gorbunov S.A. Main directions of development of power installations of surface ships of the Navy. *Voennaya mysl*. 2021;(8):115–125. (In Russ.).
11. Rules for technical operation of marine diesel engines. S.-Petersburg, Moscow, Giprorybflot-Servis, 1999. 168 p. (In Russ.).
12. Pat. 2795143 Russian Federation, MPK F02D 29/06, H02P 9/08. / V.I. Kochergin, E.S. Zinchenko; Novosibirsk. Device for controlling the operation of a diesel generator in idle and low load modes. N 2022126291; declared 07.10.2022; publ. 07.10.2022, bull. N. 13. (In Russ.).
13. Chazov A.V., Chazova T.Yu. Energy efficiency in the innovative economy system. Ekaterinburg: UrFU, 2020. 171 p. URL: <https://study.urfu.ru> – 20.10.2023. (In Russ.).
14. Shchurov N.I., Gurova E.G., Makarov S.V., Strel'nikova D.M. Analysis of operating modes of shunting diesel locomotives power plants. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2014;(3). URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=13504> – 20.10.2023. (In Russ.).