

УДК 629.12

EDN
[STAZOO](#)

Сравнительный анализ и будущее показателей надежности судовых энергетических установок

Н.Ф. Тихонов*

Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова,
пр. Московский, 15, Чебоксары, 428015, Россия

*E-mail: ds2585@mal.ru

Аннотация. Сравнительный анализ показателей надежности различных судовых энергетических установок показывает, что существует значительное разнообразие в их характеристиках, что обусловлено как техническими, так и эксплуатационными факторами. Это разнообразие подчеркивает необходимость индивидуального подхода к проектированию и эксплуатации судовых энергетических установок (СЭУ), учитывающего специфику каждого конкретного судна и его назначения. Современные стандарты и регламенты требуют от судостроителей и операторов судов учитывать не только экономические, но и экологические аспекты, что в свою очередь влияет на выбор технологий и материалов, используемых в СЭУ. Это создает дополнительные вызовы, но также открывает новые возможности для инновационных решений, которые могут повысить надежность и эффективность работы судов.

Ключевые слова: судостроение, дизель, система, модернизация, нагрузка, показатель надежности, морской транспорт, оптимизация, экологическая безопасность, эксплуатационные уровни.

Comparative analysis and future of ship power plant reliability indicators

N.F. Tikhonov*

I.N. Ulyanov Chuvash State University, 15 Moskovsky Ave., Cheboksary, 428015,
Russia

*E-mail: ds2585@mal.ru

Abstract. A comparative analysis of the reliability indicators of various marine power plants shows that there is a significant diversity in their characteristics, due to both technical and operational factors. This diversity highlights the need for an individual approach to the design and operation of marine power plants (SEUs), taking into account the specifics of each specific vessel and its purpose. Modern standards and regulations require shipbuilders and ship operators to take into account not only economic but also environmental aspects, which in turn affects the choice of technologies and materials used in SEU. This creates additional challenges, but also opens up new opportunities for innovative solutions that can improve the reliability and efficiency of ships.

Keywords: shipbuilding, diesel, system, modernization, load, reliability indicator, marine transport, optimization, environmental safety, operational levels

1. Введение

Современные судовые энергетические установки (СЭУ) представляют собой сложные и высокотехнологичные системы, которые играют ключевую роль в обеспечении эффективной и безопасной работы морского транспорта. В условиях глобализации и увеличения объемов морских перевозок, требования к надежности и эффективности СЭУ становятся все более актуальными. Надежность судовых энергетических установок не только влияет на безопасность судна и его экипажа, но и определяет экономическую эффективность эксплуатации судов, что в свою очередь сказывается на конкурентоспособности судоходных компаний [1, 2].

2. Материалы и методы: сравнительный анализ показателей надежности

Надежность судовых энергетических установок (СЭУ) является многофакторной характеристикой, определяющейся не только техническими характеристиками оборудования, но и условиями эксплуатации, режимами работы, а также рядом внешних факторов. В данном разделе проводится сравнительный анализ показателей надежности различных судовых энергетических установок, что позволяет выделить сильные и слабые стороны существующих решений. Показатели надежности включают такие параметры, как вероятность безотказной работы, среднее время наработки до отказа (MTBF), среднее время восстановления (MTTR), а также коэффициенты доступности и эксплуатационной готовности.

Для оценки надежности различных установок необходимо учитывать последние достижения в области технологий, использованных в конструкциях и системах управления. Современные судовые энергетические установки часто интегрируют функции автоматизации управления и систем диагностики, что существенно сказывается на показателях их надежности. Например, установки, оснащенные системами мониторинга состояния, позволяют проводить предсказательную диагностику, что сокращает количество неожиданных отказов и время простоя [3, 4].

Сравнение традиционных и современных СЭУ показывает, что последние, как правило, имеют более высокие показатели надежности благодаря использованию передовых материалов, систем управления и алгоритмов обработки данных. В частности, применение композитных материалов и улучшенных конструктивных решений ведет к снижению влияния механических напряжений и усталостных процессов, что, в свою очередь, уменьшает вероятность отказов. На практике

существенным влиянием на надежность систем обладают и организационные аспекты — подготовка экипажа, соблюдение регламентов технического обслуживания и эксплуатации. Показатели надежности могут различаться в зависимости от уровня профессионализма обслуживающего персонала и навыков экипажа, что также важно учитывать при сравнительном анализе.

В последних исследованиях обращается внимание на использование методов математической статистики для анализа надежности. Применение соответствующих моделей и уравнений позволяет делать более точные прогнозы о вероятности отказов конкретных компонентов СЭУ. Таким образом, статистический подход, учитывающий данные из эксплуатации различных типов установок, показывает различные уровни надежности, что помогает выбора оптимальной конфигурации и конструктивного решения для новых проектов.

Сравнительный анализ показывает, что для достижения высоких показателей надежности необходим системный подход, который сочетает в себе высококачественную проектную разработку, использование передового оборудования и регулярное техническое освежение знаний экипажа. Эффективная эксплуатация СЭУ требует от оператора умения анализировать и устранять возникшие проблемы, что непосредственно сказывается на показателях надежности. Некоторые СЭУ, использующие технологии автономного мониторинга и сбора данных о работе всех систем, демонстрируют наиболее впечатляющие результаты. В таких установках интегрированы механизмы, позволяющие инженерам в реальном времени отслеживать состояние системы и оперативно реагировать на изменения, избегая серьезных последствий.

Учитывая неоднородность подходов к проектированию и эксплуатации судовых энергетических установок, следует выделить несколько категорий: устаревшие системы с недостаточной степенью автоматизации, современные установки, обладающие элементами умного управления, и экспериментальные образцы, разрабатываемые в рамках научных исследований. Каждая из категорий имеет свои уникальные показатели надежности, которые отображают как достижения в области технологий, так и недостатки, оставшиеся с предыдущих этапов.

Важным этапом анализа является определение сильных и слабых сторон каждой из рассматриваемых технологий с точки зрения надежности. Сравнительный анализ

подчеркивает преимущества использования новых технологий, таких как блоки управления на основе искусственного интеллекта, которые способны оптимизировать работу установки в зависимости от меняющихся условий. По завершении анализа становится очевидным, что надежность судовых энергетических установок претерпевает изменения в зависимости от используемых технологий, подходов к проектированию и организационных процессов. Сравнительные данные показывают, что внедрение комплексных решений, таких как автоматизация процессов диагностики и мониторинга, значительно повышает надежность системы, что, в свою очередь, ведет к более безопасной и эффективной эксплуатации судов.

Таким образом, анализ показателей надежности различных СЭУ дает возможность выявить тренды и направления для дальнейшего улучшения, что является важным шагом на пути к созданию более надежных и безопасных судовых энергетических установок. Важно продолжать изучение влияния различных факторов на надежность, что позволит углубить понимание процессов, происходящих в СЭУ, и на их основе разработать рекомендации по улучшению проектирования и эксплуатации современных судовых энергетических систем.

3. Результаты и обсуждение: будущее развития показателей надежности

Развитие показателей надежности судовых энергетических установок (СЭУ) в будущем обусловлено несколькими значительными трендами, среди которых можно выделить интеграцию численных технологий, применение искусственного интеллекта, а также увеличивающуюся автоматизацию процессов. Эти факторы будут влиять на архитектуру и функциональные характеристики СЭУ.

К числовым технологиям можно отнести моделирование и симуляцию работы систем, что позволяет более точно прогнозировать их поведение в различных режимах эксплуатации. Высококачественные модели, идентифицирующие критические точки отказа, позволяют заранее принимать меры по улучшению надежности. Таким образом, возможности виртуального прототипирования обеспечивают превентивный подход к выявлению и устранению уязвимостей, что становится залогом безопасной эксплуатации.

Искусственный интеллект и машинное обучение помогают анализировать большие объемы данных, получаемых с сенсоров на борту судов. Системы предиктивной аналитики могут использоваться для оценки состояния оборудования в реальном

времени, позволяя операторам предсказывать, когда может произойти отказ. Это способствует не только снижению времени простоя, но и оптимизации обслуживания, что в свою очередь затрагивает экономические аспекты. Установка систем мониторинга, опирающихся на AI, требует минимизации взаимозависимостей между компонентами, что опять же подчеркивает важность надежности [5, 6].

Автоматизация процессов контроля и диагностики также будет играть важную роль в повышении надежности. Современные судовые энергетические установки все чаще оснащаются автоматизированными системами управления, которые позволяют реагировать на отклонения в работе под системами моментально, сокращая время, необходимое для внесения корректировок. Важно, что такие системы могут самостоятельно анализировать отклонения от норм, что позволяет минимизировать человеческий фактор и снизить вероятность ошибок, вызванных неосторожностью или недостаточной квалификацией персонала. Процесс стандартизации и сертификации показателей надежности также не стоит в стороне от процессов модернизации. Стандарты постоянно обновляются с учетом внедрения новых технологий и методов оценки. Важным аспектом является включение экологических норм и требований в стандартные процедуры проектирования и эксплуатации СЭУ, что также подчеркивает современный тренд на устойчивое развитие.

Внедрение электрификации и новых источников энергии, таких как водород и солнечные панели, также несет в себе изменение показателей надежности. Переход на более чистые и высокоэффективные источники энергии подразумевает необходимость разработки новых систем управления и мониторинга, что в свою очередь требует пересмотра критериев оценки надежности. Показатели, присущие традиционным установкам, могут не отражать реальной надежности новых решений.

Изменения в нормативно-правовой базе, касающейся международных стандартов по безопасности и экологии, будут непосредственно влиять на проектирование и эксплуатацию СЭУ. Ужесточение требований может привести к необходимости создания дополнительных систем контроля и безопасности, что в результате будет способствовать повышению общей надежности конструкции. Однако, несмотря на развитие технологий, важно учитывать вероятность человеческого фактора. Применение передовых методик в обучении и подготовке персонала по-прежнему остается критически важным для достижения высоких показателей надежности. Организации

должны сосредоточиться не только на технических аспектах, но и на подготовке операторов, которые смогут эффективно использовать новые технологии и реагировать на нестандартные ситуации.

Будущее судовых энергетических установок также связано с необходимостью адаптации к изменяющимся условиям международного рыбопромыслового, транспортного и пассажирского рынков. Это включает в себя обязательства по уменьшению выбросов и улучшению экономической эффективности. Внедрение технологий, способствующих адаптации к этим вызовам, станет необходимостью, что повлечет за собой изменение требований к надежности.

4. Заключение

Исходя из вышеизложенного, можно предсказать, что в будущем показатели надежности будут интегрированы с экологическими и экономическими требованиями, а также адаптированы к новым технологическим решениям. Способность адаптироваться к новым условиям и тенденциям станет решающим при создании эффективных и надежных судовых энергетических установок. Ключевым аспектом будет являться постоянное обновление показателей, основанное на практическом опыте и текущих технологических достижениях. Таким образом, можно ожидать появления новых подходов, методов и критериев, что будет опираться на прогрессивное развитие всех элементов энергосистемы судов [7-9].

Список литературы

1. Баев, А. С. Инновационная концепция судовых энергетических установок / А. С. Баев // Новые технологии в судостроении: Сборник трудов отраслевой научно-технической конференции (г. Санкт-Петербург, 22 ноября 2022 г.) / Сост.: А.А. Калиниченко, А.Н. Кириллов, В.К. Ханухов; АО «Центр технологии судостроения и судоремонта». – Санкт-Петербург: Центр технологии судостроения и судоремонта, 2022. – С. 12-15. – EDN KGOYKH.
2. Тихонов, Н. Ф. Судовая автоматизация / Н. Ф. Тихонов, Е. Г. Шумихина // Научные дискуссии в условиях мирового кризиса: новые вызовы, взгляд в будущее: Материалы V международной научно-практической конференции. В 2-х частях (г. Ростов-на-Дону, 29 июля 2022 г.). Часть 2. – Ростов-на-Дону: ООО, 2022. – С. 85-87. – EDN: KVKQEF.

3. Онищенко, И. С. Обзор развития требований по обеспечению безопасности эксплуатации судов внутреннего плавания / И. С. Онищенко // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2025. – Т. 17. – № 1. – С. 75-85. – DOI: 10.21821/2309-5180-2025-17-1-75-85. – EDN: VWLOBD.
4. Leonov, V.Y. Research on the processes of increasing the efficiency of ship cargo transportation by sea / V.Y. Leonov // Cifra. Economics. – 2023. – № 3(3). – DOI: 10.23670/ECNMS.2023.3.6.
5. Тихонов, Н. Ф. Судовые энергетические установки / Н. Ф. Тихонов, О. А. Надеждина, А. А. Петров // Высокие технологии и инновации в науке: Сборник избранных статей Международной научной конференции (г. Санкт-Петербург, 28 марта 2021 г.). – Санкт-Петербург: ЧНОУ ДПО ГНИИ «НАЦРАЗВИТИЕ», 2021. – С. 75-79. – ED: JOOBAS.
6. Баёв, А.С. Технологии искусственного интеллекта судовых энергетических установок: монография / А.С. Баёв. – Beau Bassin: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. – 196 с. – ISBN: 978-620-0-47653-1.
7. Тихонов, Н. Ф. Анализ существующих систем охлаждения судовых дизелей / Н. Ф. Тихонов // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 102-5. – С. 151-154. – DOI: 10.18411/trnio-10-2023-284. – EDN: MUUXCM.
8. Голоскоков, К. П. Комплексная оценка качества и эффективности автоматизированных систем управления / К. П. Голоскоков, О. Н. Губернаторов, М. Н. Губернаторов // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2023. – Т. 15, № 1. – С. 145-152. – DOI: 10.21821/2309-5180-2023-15-1-145-152. – EDN: UBREQA.
9. Тимофеев, В. Н. Модернизация систем наддувочного воздуха судовых дизелей / В. Н. Тимофеев, Н. Ф. Тихонов // Наука. Исследования. Практика: сборник избранных статей по материалам Международной научной конференции (г. Санкт-Петербург, 23 февраля 2021 г.). – Санкт-Петербург: ГНИИ «Нацразвитие», 2021. – С. 89-94. – EDN: GUJMNR.