

9. Sokolov V.A., Bestuzhev M.A., Tikhomolova T.V. The chemical composition of oils and natural gases in relation to their origin. - М.: Publishing house Nedra, 1972. -- 276 p.
10. Epihin A.I., Modina M.A., Hekert E.V. Konceptiya ekologicheskogo sovershenstvovaniya sudovyh energeticheskikh ustanovok// Eksplyuatsiya morskogo transporta. 2020. № 3 (96). S. 127-132.
11. Kondrat'ev S.I., Bojchuk I.P. Matematicheskaya model' dvizheniya morskoy burovoj platformy. Sbornik nauchnyh trudov II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii . FGBOU VO «Gosudarstvennyj morskoy universitet imeni admiral F.F.Ushakova»; OAO «Taganrogskij aviacionnyj nauchno-tehnicheskij kompleks imeni G. M. Berieva»; Gosudarstvennyj nauchnyj centr «YUzhnoe nauchno-proizvodstvennoe ob"edinenie po morskim geologorazvedochnym rabotam». 2016. S. 11-15.
12. Belov A.A., Kashin A.YA., SHkoda V.V., Sidorenko V.S. Primenenie invertorov na ob"ektah neftegazovoj promyshlennosti (v sostave gibridnyh sistem elektropitaniya ot fotoelektricheskikh preobrazovatelej). Bulatovskie chteniya. 2020. T. 6. S. 262-266.

УДК 629.5.016.7

DOI: 10.34046/aumsuomt100/16

СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ МОРСКОЙ ИНДУСТРИИ В ОБЛАСТИ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ СУДОВ И ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СЭУ

Д.С. Тормашев, кандидат технических наук, доцент

А.И. Епихин, кандидат технических наук, доцент

В статье рассмотрены основные тенденции эксплуатации современного морского флота и пути обеспечения экономии топлива на судне. Кроме того, затронуты вопросы сокращения выбросов парниковых газов в атмосферу и влияние международных конвенций на развитие морской отрасли.

Ключевые слова: снижение энергопотребления; расход топлива; выбросы парниковых газов

MODERN CHALLENGES OF THE MARITIME INDUSTRY IN THE SHIPS DECARBONISATION AND WAYS TO OPTIMIZE THE ENERGY SAVING PROCESSES IN THE POWER PLANTS

D.S. Tormashev, A.I. Epikhin

The article discusses the main trends in the operation of a modern marine fleet and ways to ensure fuel economy on board. In addition, affected by the issues of greenhouse gas emissions into the atmosphere and the impact of international conventions on the development of the maritime industry.

Keywords: reduced energy consumption; fuel consumption; greenhouse gas emissions

Экономия топлива и энергии на судах – транспортных объектах с высоким уровнем потребления энергетических ресурсов – является исключительно важной комплексной проблемой, требующей эффективного решения не только потому, что при этом обеспечивается максимум прибыли, а, прежде всего, по той причине, что рационально расходуются не возобновляемые энергетические ресурсы, снижается объем выбросов в атмосферу продуктов сгорания CO_x- и NO_x – составов, сохраняется экологически чистая среда на водных коммуникациях. Наконец, с уменьшением расхода топлива экономится моторесурс главных двигателей СЭУ, снижается тепловая напряженность деталей и узлов ДВС, уменьшается расход смазочного масла [1].

Нестационарный режим работы судовых энергетических комплексов и систем во время рейса судна свидетельствует о наличии большого

резерва экономии топлива, который может быть достигнут без уменьшения объема выполняемой судном транспортной работы [2].

Все вышеуказанное определяет актуальность данного направления исследования, состоящее в конечном итоге в значительном повышении экономичности СЭУ и судовых энергетических комплексов, обеспечивающих функционирование судна.

Международная морская организация (ИМО) одобрила новые требования по снижению выбросов парниковых газов в международном судоходстве, а также запрет на использование тяжелого топлива в Арктике. Прошедшая с 16 по 20 ноября в режиме видеоконференции 75-я сессия Комитета по защите морской среды ИМО собрала более 1200 представителей делегаций свыше 100 государств, включая межведомственную делегацию Российской Федерации.

Основным вопросом стало обсуждение проекта краткосрочных мер по снижению выбросов парниковых газов в международном судоходстве – поправок к Конвенции МАРПОЛ. Эти поправки разрабатывались с 2019 года в рамках стратегии ИМО – программного документа, содержащего цели, уровень амбиций, планы и конкретные шаги, которые должны быть предприняты судоходной отраслью в контексте реагирования на климатические изменения.

По результатам переговоров Комитет одобрил пакет краткосрочных мер технического и эксплуатационного характера. Поправки предполагают введение с 1 января 2023 года новых требований энергоэффективности для морских судов, эксплуатирующийся за пределами национальных вод. Суда должны будут обеспечить соответствие установленным показателям энергоэффективности, а также ежегодно понижать показатель углеродной интенсивности. Судам будет ежегодно присваиваться рейтинг в зависимости от достигнутых показателей. При получении низких рейтингов судам необходимо будет разработать и выполнить план действий по его улучшению.

Одобренный пакет мер стал результатом компромисса между государствами-сторонниками радикальных действий, направленных на декарбонизацию судоходной отрасли, а также государствами, выступавшими за более взвешенный и гибкий подход, учитывающий важную роль международного судоходства в обеспечении мировой торговли и в необходимости обеспечения бесперебойного функционирования поставок при достижении возможных экологических результатов [3, 8].

Несмотря на самые пессимистические прогнозы экономического развития, в связи с резким падением цен на нефть и предпринимаемыми мерами по борьбе с пандемией Covid-19, надежды на какое-либо смягчение уровней декарбонизации, установленных Международной морской организацией (ИМО) для международной судоходной отрасли как целевые на период 2030 и 2050 годы, крайне маловероятны. Об этом заявил один из крупных чиновников, который участвовал в составлении первоначальной стратегии по снижению выбросов парниковых газов (ПГ), пишет в своей статье шеф-редактор *Ship & Bunker* Джек Джордан [4].

Напомним, согласно изначальной стратегии ИМО к 2030 году предусматривается снижение выбросов CO₂ не менее чем на 40% в расчете на одно транспортное средство по сравнению с

2008 году и сокращение общих выбросов парниковых газов (ПГ) от судоходной отрасли не менее чем на 50% к 2050 году. Показателем энергетической эффективности для судовой дизельной установки принято считать удельный эффективный расход топлива г/(кВт.ч). Современные судовые дизели отличаются большим разнообразием конструкций и навешанных на них различных механизмов, которые в свою очередь увеличивают механические потери и значительно повышают расход топлива. Снижение энергопотребления способствует минимизации негативного воздействия на окружающую среду, поэтому на судах мирового флота вводятся и продолжают реализовываться организационно-технических мероприятий, направленные на эффективное использование топливно-энергетических ресурсов и повышение экологической безопасности флота:

- использование на судах режима Slow Steaming для снижения расходов топлива и выбросов в атмосферу. Результаты его применения показывают, что переходы с низкой скоростью (7-9 узлов) при нагрузках главного двигателя менее 40 % MCR повышают энергоэффективность и экологическую безопасность судов:

- определение и использование оптимального дифферента для каждого судна во время балластного перехода с целью достижения минимального расхода топлива главным двигателем. Оптимальная посадка была установлена для каждой серии судов путем проведения теплотехнических испытаний при различных дифферентах.

- контроль и оптимизация расхода энергии на обогрев и вентиляцию жилых помещений на судне:

- оптимизация нагрузки электростанции в ходовом и стояночном режимах [5];

- внедрение культуры энергосбережения на судах:

- контроль состояния корпуса судна и его своевременная очистка.

- установление степени готовности судовой энергетической установки в зависимости от условий стоянки с требованием работы минимального количества механизмов (постоянная готовность и готовность к определенному времени):

- плановая замена ламп накаливания на энергосберегающие (люминесцентные, в том числе компактные люминесцентные, светодиодные). Оптимальное размещение световых источников (местное освещение, направленное освеще-

ние). Повышение светоотдачи существующих источников (замена плафонов, удаление грязи с плафонов, применение более эффективных отражателей). Применение устройств управления освещением (датчики движения, датчики освещенности, таймеры).

Другим не менее важным требованием, которое в настоящее время предъявляются к судовым энергетическим установкам – является безусловное выполнение Международных экологических норм. Более того, это требование иногда ставится на первое место в перечне основных направлений развития мирового двигателестроения.

Суммарный объем затрат на выполнение требований Международной морской организации (ИМО) по снижению выбросов CO₂ с судов в период с 2030 по 2050 годы на 50% оценивается в \$1-1.4 трлн. Такая оценка содержится в исследовании, проведенном Университетом морских консультационных сервисов (UMAS, Великобритания) и неправительственной Комиссией по энергетическому транзиту. Ежегодный объем инвестиций составит \$50-\$70 млрд. При этом, чтобы достичь цели полной декарбонизации судоходства к 2050 году, потребуется дополнительно порядка \$400 млрд, что поднимет общий объем затрат до \$1.4-\$1.9 трлн.

По прогнозам, главным топливом для судов станет аммиак, поскольку его применение дает нулевые выбросы CO₂. Конкуренцию аммиаку могут составить водород, синтетический метанол и другие альтернативные виды топлив. Производство аммиака должно вестись из водорода с нулевым или близким к нулю содержанием углерода.

Инвестиции могут быть распределены по двум основным направлениям: инвестиции в суда и их оборудование (двигатели, резервуары, топливные системы) и в береговую инфраструктуру (производства водорода, синтеза аммиака, бункеровочные терминалы и хранилища) [6, 7, 8].

Производство водорода с низким или нулевым содержанием углерода может вестись из натурального газа с применением технологии парового преобразования метана (Steam methane reformation, SMR), либо с применением возобновляемых источников электроэнергии и воды при помощи электролиза.

Глобальная декарбонизация экономики – в ряду важнейших проблем XXI века и фундаментальных условий устойчивого развития. Среди необходимых важнейших условий её успешного решения — наличие достаточных финансовых

инвестиций, освоение новых эффективных технологий, долгосрочное взаимодействие и сотрудничество всех вовлеченных сторон. Надежная и экологически безопасная транспортная система, в том числе морские суда, – это важный этап перспективного плана по снижению выбросов углерода.

Завтра чистой энергии уже наступило.

Литература

1. Перминов, Б.Н. Эффективное топливо- и маслоиспользование, обеспечивающее экономичную ресурсосберегающую экологически безопасную эксплуатацию судовых дизелей// сб. научных трудов. «Повышение надежности судового оборудования». – Владивосток: МГУ, 2002. – С. 181-191.
2. Тормашев Д.С. К вопросу совершенствования организации и мониторинга процессов экономии топливо-энергетических ресурсов на судах// Вестник ГМУ им. адмирала Ф.Ф. Ушакова – 2017. – 1 (18). – С. 30-33.
3. <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/9802>
4. <https://shipandbunker.com/news/archive>
5. Тормашев Д.С. Метод повышения эффективности использования топлива и энергии при параллельной работе судовых дизель-генераторных агрегатов, основанный на функциях квадратичного программирования// ЭМТ, Спецвыпуск, 2016.
6. Минеев, В.И. О необходимости государственной поддержки энергосбережения на транспорте // Речной транспорт. – 2010. – №1 (43), январь – февраль. – С.68-71.
7. Бабурина О.Н. Мировой морской торговый флот: динамика, структура, перспективы [текст] / О.Н. Бабурина, Е.В. Хекерт, Ю.Л. Никулина // Транспортное дело России – 2017. – № 1. – С. 88-92.
8. Бабурина О.Н., Кондратьев С.И. Морские порты мира и России: динамика грузооборота и перспективы развития// Транспортное дело России – 2016. – № 6. – С. 141-144.

References

1. Perminov, B.N. Effektivnoe toplivo- i masloispol'zovanie, obespechivayushchee ekonomichnuyu resursosberegayushchuyu ekologicheski bezopasnuyu ekspluatatsiyu sudovyh dizelej: sb. nauchnyh trudov. «Povyshenie nadezhnosti sudovogo oborudovaniya». Morskoy gos. universitet. – Vladivostok: MGU, 2002. – S. 181-191.
2. Tormashev D.S. K voprosu sovershenstvovaniya organizatsii i monitoringa processov ekonomii toplivo-energeticheskikh resursov na sudah: Vestnik GMU im. admirala F.F. Ushakova 1 (18), Novorossiysk, RIO GMU im. adm. F.F. Ushakova, 2017. – S. 30-33.
3. <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/9802>
4. <https://shipandbunker.com/news/archive>
5. Tormashev D.S. Metod povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya topliva i energii pri parallel'noj rabote sudovyh dizel'-generatornyh agregatov, osnovannyy

- na funkciyah kvadraticnogo programmirovaniya: EMT, Specvypusk, Novorossiysk, RIO GMU im. adm. F.F. Ushakova, 2016.
6. Mineev, V.I. O neobходимosti gosudarstvennoj podderzhki energosberezheniya na transporte // Rechnoj transport. – 2010. – №1 (43), yanvar' – fevral'. – S.68-71.
7. Baburina O.N. Mirovoj morskoy torgovyy flot: dinamika, struktura, perspektivy [tekst] / O.N. Baburina, E.V. Hekert, YU.L. Nikulina // Transportnoe delo Rossii. 2017. № 1. S. 88-92.
8. Baburina O.N., Kondrat'ev S.I. Morskie porty mira i rossii: dinamika gruzooborota i perspektivy razvitiya// Transportnoe delo Rossii. 2016. № 6. S. 141-144.

УДК 621.431.74

DOI: 10.34046/aumsuomt100/17

АНАЛИЗ ОТКАЗОВ И ПАРАМЕТРОВ НАГРУЖЕННОСТИ КРЕЙЦКОПФНЫХ ПОДШИПНИКОВ ГЛАВНЫХ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

А.К. Полковников, кандидат технических наук, доцент

Н.А. Полковникова, кандидат технических наук, доцент

С повышением степени форсировки судовых малооборотных дизелей (МОД), ростом максимального давления сгорания обостряется проблема обеспечения надёжности подшипников и в первую очередь крейцкопфных. В работе выполнен статистический анализ отказов, их причин и условий эксплуатации подшипников. Рассмотрены конструктивные особенности крейцкопфных подшипников, предложены критерии оценки несущей способности и ударной нагруженности. При эксплуатации МОД наиболее эффективные меры, направленные на повышение работоспособности подшипников, связаны с выбором оптимальных режимов работы двигателя с целью ограничения действующей нагрузки и повышения запаса несущей способности подшипников. С износом и увеличением зазора в подшипнике несущая способность масляного клина снижается и возникает опасность появления полусухого трения и прогрессирующего износа. Усталостная прочность и долговечность подшипника определяется температурой антифрикционного слоя нижней (опорной) части вкладыша, для измерения которой была разработана система контроля температуры. Для непрерывного контроля технического состояния подшипников МОД высокую эффективность показала система контроля износов подшипников (Bearing Wear Monitoring System), которая измеряет комбинированный физический износ рамовых мотыльёвых и крейцкопфных подшипников, обеспечивая раннее предупреждение об увеличении скорости износа вкладышей.

Ключевые слова: малооборотный дизель, шатун, крейцкопфный подшипник, вкладыш, антифрикционный слой, масляный клин, суммарная движущая сила, износ, фреттинг коррозия, система контроля износа подшипников.

FAILURES AND LOADING PARAMETERS ANALYSIS FOR CROSSHEAD BEARINGS OF MAIN MARINE DIESEL ENGINES

A.K. Polkovnikov, N.A. Polkovnikova

As the degree of forcing marine low-speed diesel engine, the maximum combustion pressure increases, exacerbated the problem of ensuring reliability of the bearing and first crosshead. The paper considers a statistical analysis of failures, their causes and operating conditions of bearings has been carried out. The design features of crosshead bearings are considered, criteria for assessing the bearing capacity and shock loading are proposed. During the operation of the low-speed diesel engine, the most effective measures aimed at improving the performance of bearings are associated with the choice of optimal operating modes of the engine in order to limit the current load and increase the bearing capacity margin. With wear and an increase in bearing clearance the load-bearing capacity of the oil wedge decreases and there is a risk of semi-dry friction and progressive wear. The fatigue strength and durability of the bearing is determined by the temperature of antifriction layer of the lower (support) liner's part, for the measurement of which a temperature control system was developed. For continuous monitoring of bearings technical condition, the Bearing Wear Monitoring System has shown high efficiency, which measures the combined physical wear of frame crank and crosshead bearings, providing early warning of an increase in the wear rate of liners.

Key words: low-speed diesel engine, connecting rod, crosshead bearing, shell, antifriction layer, oil wedge, total driving force, deterioration, fretting corrosion, bearing wear monitoring system.

С повышением степени форсировки и снижением частоты вращения в малооборотных су-

довых дизелях (МОД) нового поколения с высокой степенью наддува, ростом максимального