

- Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное исследование ресурсов шельфа. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. – 2009. – Вып. 18. – С.19-29.
5. Ломакин П.Д., Попов М.А. Океанологическая характеристика и оценка загрязнения вод Балаклавской бухты. – Севастополь, ЭКОСИ-Гидрофизика, 2013, – 220 с.
 6. Ломакин П.Д., Чепыженко А.И. Исследование и контроль циркуляции вод и структуры термохалинного поля в бухте Омега (Крым) в летне-осенний период 2019 года // Система контроля окружающей среды. – 2020. – Выпуск 3 (41), С 15-22. DOI: 10.33075/2220-5861-2020-3-15-22.
 7. Грузинов В. М., Дьяков Н. Н., Мезенцева И. В., Мальченко Ю. А., Жохова Н. В., Коршенко А. Н. Источники загрязнения прибрежных вод сева-стопольского района // ОКЕАНОЛОГИЯ. – 2019. – том .-59. – № 4. – С. 579–590. DOI: 10.31857/S0030-1574594579-590.
 8. *Peter M Chapman*, April Hayward, John Faithful (2017) Total Suspended Solids Effects on Freshwater Lake Biota Other than Fish // Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. Vol. 99. Iss. 5. P. 423-427. DOI: 10.1007/s00128-017-2154-у (дата обращения: 13 октября 2020г.).
- REFERENCES**
1. *Coleman J., Baker J., Cooper C. et al.* Oil in the sea III: Inputs, Fates, and Effects. Committee on Oil in the Sea: Inputs, Fates, and Effects // Ocean Studies Board and Marine Board. Divisions of Earth and Life Studies and Transportation Research Board. National research council of the National Academies. - 2003. - ISBN 0-309-08438-5 – doi. 2002015715 <http://en.bookfi.net/book/824825>.
 2. Continuous Multi-Spectral Fluorescence and Absorption for Petroleum Hydrocarbon Detection in Near-Surface Ocean Waters: ZoNeC05 Survey, Fairway Basin area, Lord Howe Rise / D. Holdway [et al.]. Canberra : Australian Geological Survey Organization, 2000. Record 2000/35. 57 p. URL: https://d28rz98at9flks.cloudfront.net/34232/Rec2000_035.pdf (дата обращения: 13.10.2020).
 3. URL:<http://ecodevice.com.ru/ecodevice-catalogue/multiturbidimeter-kondor> (дата обращения: 12.11.2020).
 4. Alemov S.V. Assessment of the ecological quality of the port waters of the Sevastopol region according to the characteristics of macrozoobenthos communities // Ecological safety of coastal and shelf zones and a comprehensive study of shelf resources. Sevastopol: ECOSI-Hydrophysics, 2009. Issue. 18. P.19-29.
 5. Lomakin P.D., Popov M.A. / Oceanological characteristics and assessment of water pollution in the Balaklava Bay. - Sevastopol, ECOSI-Hydrophysics, 2013, - 220 p.
 6. Lomakin P.D., Chepyzhenko A.I. Investigation and control of water circulation and the structure of the thermohaline field in the Omega Bay (Crimea) in the summer-autumn period of 2019 // Environmental Control System. 2020 Issue 3 (41), С 15 - 22. DOI: 10.33075 / 2220-5861-2020-3-15-22.
 7. V. M. Gruzinov, N. N. Dyakov, I. V. Mezentseva, Yu. A. Malchenko, N. V. Zhokhova, A. N. Korshenko. Sources of pollution of coastal waters of the Sevastopol region. OCEANOLOGY, 2019, Volume 59, No. 4, p. 579-590. DOI: 10.31857 / S0030-1574594579-590.
 8. *Peter M Chapman*, April Hayward, John Faithful (2017) Total Suspended Solids Effects on Freshwater Lake Biota Other than Fish // Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. Vol. 99. Iss. 5. P. 423-427. DOI: 10.1007/s00128-017-2154-у (дата обращения: 13 октября 2019г.).

УДК 618.518.2:629.54

DOI: 10.34046/aumsuomt97/19

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПАР ТРЕНИЯ СУДОВЫХ МЕХАНИЗМОВ ПО ПРОДУКТАМ ИЗНОСА В СМАЗОЧНОМ МАСЛЕ

К.Б.Пальчик, кандидат технических наук, доцент

И.М.Кругова, старший преподаватель

Д.В.Огуцов, кандидат технических наук

В статье показано, что базовым условием поддержания высокой износостойкости узлов трения является применение работоспособного масла соответствующего типа и марки. Качество масла является определяющим фактором для обеспечения ресурса, надёжной работы и экономичности судовых двигателей, редукторов, насосов, компрессоров, газотурбоагрегатов, турбоприводов, дейдвудных устройств и других судовых механических установок.

Диагностика содержания различных видов загрязнений по продуктам изнашивания в масле позволяет судить о техническом состоянии отдельных агрегатов судовых механических установок и обслуживающих систем.

В целях диагностирования износа механизмов предлагается оснащать портативные судовые лаборатории анализа масла феррографами.

Ключевые слова. Безразборная диагностика, трение, продукты износа, смазочное масло, феррограф.

ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF FRICTION PAIRS OF SHIP'S MECHANISMS FOR PRODUCTS OF WEAR IN LUBRICANTS

K. B. Palchik, I. M. Krugova, D. V. Ogurtcov

The article shows that the basic condition for maintaining high wear resistance of friction units is the use of a workable oil of the appropriate type and brand. The quality of oil is a determining factor for ensuring the resource, reliable operation and efficiency of marine engines, gearboxes, pumps, compressors, gas turbochargers, turbo drives, deadwood devices and other marine mechanical installations

Diagnostics of the content of various types of contamination by wear products in oil allows you to judge the technical condition of individual units ship mechanical installations and service systems.

In order to diagnose the wear of mechanisms, it is proposed to equip portable marine oil analysis laboratories with ferrographs.

Keywords: non-selective diagnostics, friction, wear products, lubricating oil, ferrograf.

Эффективность технической эксплуатации флота во многом определяется надежностью составных элементов судовой техники, которая зависит не только от прочности или жесткости деталей, но также от износостойкости узлов трения.

Для решения проблемы повышения надежности необходимо повышать износостойкость кинематических узлов фрикционного контакта, которую невозможно реализовать без применения современных смазочных масел. Базовым условием поддержания высокой износостойкости узлов трения является применение работоспособного масла соответствующего типа и марки. Качество масла является определяющим фактором для обеспечения ресурса, надёжной работы и экономичности судовых двигателей, редукторов, насосов, компрессоров, газотурбонагнетателей, турбоприводов, дейдвудных устройств и других судовых механических установок (в дальнейшем СМУ), в которых пары трения (цилиндропоршневые группы, зубчатые зацепления, подшипники, плунжерные пары) подвержены наибольшему износу.

Мониторинг состояния масел в узлах трения на основе экспресс - способов и портативных средств распространён достаточно широко. Однако анализ методов контроля качества масел и состояния трибопар по продуктам износа судовой техники экспресс – методами в судовой практике регулярно не используется.

Смазочное масло является уникальным носителем информации о техническом состоянии СМУ. Научные исследования, проведенные во многих странах, подтвердили высокую надежность диагностических прогнозов неисправностей СМУ, основанных на результатах анализа работавшего масла.

Смазочное масло обычно омывает все элементы герметичной системы СМУ и при этом создает условия не только для оптимального функционирования поверхностей трения, но и воспринимает, аккумулирует и потенциально сохраняет

информацию о фактическом состоянии трибосопряжений.

Однако в существующей в настоящее время на морском транспорте системе, как правило, планово-предупредительного технического обслуживания и ремонта, предусмотрен контроль ресурса смазочных масел по наработке в мотто-часах, или по расписанию, что объективно не может учитывать фактического состояния применяемых масел. [1]

Основным недостатком существующего периодического контроля масел, основанном на анализе их физико-химических характеристик, после того как основная масса масла заменена в результате угара, окисления, загрязнения является отсутствие возможности получения достоверной информации об изменении трибологических характеристик кинематических триад фрикционного контакта, изменение которых может не коррелировать с изменением свойств масла по данным выполненного анализа.

В большинстве случаев, полученная от береговых лабораторий с большим запаздыванием информация об изменении физико-химических свойств работающего масла является лишь сигналом обратной связи, дающим представление о том, насколько качество масла обеспечивает требуемые показатели надежности системы «узел трения-масло», в прошедшем времени.

В результате работы механизма происходит изменение физико-химических свойств масла и его старение. Это связано с тем, что масло зачастую, работая при высокой температуре, соприкасается с воздухом внешней среды, парами воды, морской водой, пылью, продуктами сгорания топлива, металлическими поверхностями деталей механизма. Кроме того, в масло постоянно поступают продукты изнашивания узлов трения.

Продукты загрязнения масла разделяются на органические и неорганические. Органические примеси состоят, в основном, из продуктов неполного сгорания топлива, поступающих в масло

из камеры сгорания, а также продуктов термического разложения, окисления и полимеризации масла. Также в масло поступает пресная или морская вода, соединения серы и свинца.

Неорганические примеси состоят из продуктов изнашивания, а также неорганических загрязнений. Исследование состава загрязнений различными методами анализа показало, что размер 80% частиц загрязнений находится в пределах 0,5-2 мкм, но отдельные частицы загрязнений достигают размера 100 мкм и более. [2]

Загрязнение масла в работающем механизме идет непрерывно. На скорость поступления загрязнений в масло оказывают влияние множество факторов:

- вид топлива;
- качество масла;
- тип СМУ;
- техническое состояние механизма;
- система смазки;
- режим и условия работы.

Диагностика содержания различных видов загрязнений по продуктам изнашивания в масле позволяет судить о техническом состоянии отдельных агрегатов СМУ и обслуживающих систем. Но помимо текущего контроля за кинематикой и механизмами разрушения контактных поверхностей позволяет анализировать химические и физические свойства непосредственно материала по частицам износа.

В целях диагностирования износа в различных областях техники нашли использование спектральные, ферро-графические, эмиссионные и другие методы анализа смазочного масла на содержание продуктов износа. [3] Применяются различные параметры диагностирования для оценки технического состояния механизмов по результатам анализа масла. Наибольшее распространение в качестве параметра диагностирования технического состояния получила концентрация продуктов износа. Этот параметр привлекает внимание тем, что он непосредственно замеряется в процессе контроля и не требует дальнейшей обработки данных. Так же в качестве параметра диагностирования используется скорость возрастания концентрации продуктов износа в масле.

Для выбора параметра диагностирования технического состояния механизмов необходимо сформулировать требования, которым он должен удовлетворять:

1. Параметр должен зависеть только от технического состояния механизма.
2. Величина параметра должна зависеть от технического состояния механизма однозначно,

любому техническому состоянию должно соответствовать только одно значение параметра.

3. Метод диагностирования должен быть достаточно чувствительным для возможности определения износного отказа на ранних стадиях его возникновения.

4. Время получения результата должно быть сведено к минимуму. [1]

Таким образом, анализируя параметры диагностирования тех или иных методов можно обосновывать необходимость применения одного из них. Диагностику триботехнической работоспособности по продуктам изнашивания позволяющую проводить прямой контроль частиц износа, несущий информацию о механизмах и кинетике разрушения поверхностного слоя, условно, можно разделить на две части – экспресс- и лабораторную диагностику.

Экспресс-трибодиагностика необходима для предупреждения о дефектах узлов трения за небольшой период времени до его возникновения.

По сравнению с другими методами диагностики экспресс-анализ работающего в СМУ масла имеет ряд существенных преимуществ:

- не требуется выводить из работы;
- диагностику выполняют без разборки и визуального осмотра;
- неисправности СМУ обнаруживаются на самой ранней стадии возникновения;
- анализ дает возможность заменять масло при действительной утрате им работоспособности, а не по истечении заданного количества мото-часов;
- анализ позволяет получить большой объем информации;
- трудоемкость выполнения анализа незначительна.

Анализ литературных и интернет источников позволил выявить разнообразные варианты портативных средств экспресс – контроля масел по продуктам износа в автоматическом режиме [4,5,6,7]. Промышленные системы контроля состояния масел предназначены для постоянной установки на ответственные узлы и механизмы и обеспечивают информацией о состоянии машин и механизмов в режиме реального времени. Рекомендуется установка промышленных датчиков на дизельные двигатели и коробки передач всех модификаций, трансмиссии, компрессоры, генераторы и другие маслonaполненные узлы оборудования. В настоящее время для этой цели используются промышленные датчики: сигнализаторы

стружки в масле, фильтры-сигнализаторы и магнитные пробки. Однако из-за их недостаточной чувствительности и информативности для этих устройств характерно большое число ложных срабатываний и пропусков неисправностей, что приводит к снижению безопасности и большим материальным потерям. [3]

Простейшим приспособлением для выявления износа стальных (ферромагнитных) деталей является магнитная пробка, которая устанавливается в трубопроводах и полостях двигателя, по которым циркулирует масло.

Для контроля наличия стружки в маслосистеме используются электрические детекторы. При накоплении определенного количества продуктов износа происходит замыкание контактов и формирование предупреждающего сигнала.

Для контроля в маслосистеме наличия любых частиц и сигнализации об их наличии при работе двигателя используется фильтр-сигнализатор.

В настоящее время при эксплуатации диагностирование технического состояния смазываемых узлов трения осуществляется лабораторным спектральным анализом продуктов изнашивания, содержащихся в смазочном масле, а также различными типами стружкосигнализаторов и визуальным осмотром фильтров и магнитных пробок.

Причиной появления стружки является усталостное выкрашивание (питтинг) на рабочих поверхностях. При этом обычно наблюдается рост концентраций металлов в масле до предельно-допустимых значений концентраций для данного типа СМУ и типа спектрального прибора. Непрерывный рост концентраций частиц износа при усталостном выкрашивании может начаться только при наступлении катастрофического усталостного разрушения поверхностей трения подшипников качения и зубчатых зацеплений или при возникновении по причине усталостного выкрашивания других видов износа в зоне контакта, что приводит к разрушению сопряженных деталей и узлов.

Момент возникновения усталостного выкрашивания может определяться с помощью феррографического анализа, т.к. образующиеся при усталостном выкрашивании и не оседающие на фильтрах мелкие частицы имеют, характерные для этого процесса, форму и соотношения размеров.

Метод феррографии используется не только при исследовании магнитных металлических частиц, но и немагнитных материалов: алюминия, бронзы, латуни, графита, полимерных частиц и т. д. Совокупность этих параметров позволяет идентифицировать вид износа, определить

место возможного отказа и оценить степень опасности дефекта.

Частицы износа имеют отличительные характеристики, которые обусловлены условиями и причинами их образования. По цвету, форме частиц, состоянию их поверхности, распределению и соотношению размеров частицы могут быть разделены на ряд типов или классов, которые определяют их источник или способ образования. Совокупность этих параметров позволяет идентифицировать вид износа, определить место возможного отказа и оценить степень опасности возникающего дефекта.

Например, для частиц задира характерны борозды в направлении движения. В случае образования на поверхностях трения усталостных микротрещин при качении в масле появляются сферические частицы. При усталостном выкрашивании образуются хлопьевидные частицы. Обычно на их поверхности имеется множество микровывин. При коррозионном износе в пробе масла появляется множество частиц размером до 2 мкм. При микрорезании образуются частицы в виде стружки. Параметры частиц износа, приведенные выше, могут контролироваться феррографическим анализом.

Эффективной приборной реализацией феррографического способа анализ масла является феррограф. Феррограф создаёт магнитное поле высокой напряженности. При внесении магнитное поле пробы масла с частицами износа, напряженность существенно меняется, в зависимости от концентрации этих частиц. Отечественная промышленность выпускает феррографы MIDAS[4], T2FM Q500[7], ФЧМ-П[8] и ряд других.

Систематический анализ проб масла дает возможность точно определять время замены, предотвращая слишком раннее или позднее проведение обслуживания, а также повысить надежность и безопасность эксплуатации судовых механизмов.

Оценив характер и степень износа трущихся деталей судовых механизмов по результатам контроля концентраций элементов износа в смазочном масле, и затем, добавив в смазочное масло необходимые присадки, которые изготавливаются отечественной и зарубежной промышленностью, можно добиться существенного снижения износа, и тем самым сбережения ресурса, а в случае значительного износа – восстановления изношенных деталей без проведения ремонта. В целях повышения эффективности технической

эксплуатации флота, предлагаем оснастить судовые портативные лаборатории анализа масла феррографами.

Литература

1. Денисов В.Г. Методы и средства технического диагностирования судовых энергетических установок. – Одесса. Изд-во «Феникс». 2008. – 304 с.
2. Власов В.М., Нечаев Л.М. Работоспособность высокопрочных термодиффузионных покрытий в узлах трения машин. - Тула: Приокское книжное изд-во, 1994. - 237 с.
3. Решетов Д.Н., Иванов А.С., Фадеев В.З. Надежность машин. – М.: Высшая школа, 1988.
4. Феррограф Midas. <http://www.oillab.ru>.
5. <http://www.desonline.ru>.
6. Приборы для неразрушающего контроля механизмов изделий: справочник в 2-х книгах. – М.: Машиностроение, 2003. – 688 с.

7. Лаборатория T2FM Q500 <http://www.spectroscrl.ru>
8. Феррограф ФМЧ-П –Email zakaz@lanfor.ru.

References:

1. Denisov V. G. Methods and means of technical diagnostics of ship power installations. – Odessa. Phoenix publishing house. 2008. - 304s.
2. Vlasov V. M., Nechaev L. M. Operability of high-strength thermal diffusion coatings in machine friction units. - Tula: Priokskoe knizhnoe Izd-vo, 1994. - 237 p.
3. Reshetov D. N., Ivanov A. S., Fadeev V. Z. Reliability of machines-Moscow: Higher school, 1988.
4. Ferrograph Midas. <http://www.oillab.ru>.
5. <http://www.desonline.ru>.
6. Devices for non-destructive testing of product mechanisms. Reference book in 2 books. Mechanical engineering, M 2003, 688 p.
7. T2 FM Q500 Laboratory <http://www.spectroscrl.ru> .
8. Ferrograph FMCH-P-Email zakaz@lanfor / ru.

УДК 629.5

DOI: 10.34046/aumsuomt97/20

ПОКАЗАТЕЛИ ДЛЯ АНАЛИЗА РАСЧЕТА ПРОПУЛЬСИВНОГО КОЭФФИЦИЕНТА СУДОВ. ИХ РОЛЬ В ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

*О.П. Коперчак, кандидат экономических наук,
Д.В. Огурцов, кандидат технических наук,
Н.А. Халилов, старший преподаватель*

В настоящее время выхлопные газы с транспортных судов являются значительным источником загрязнения окружающей среды. Объем выбросов с судов составляет от 2 до 3 процентов от общего объема выбросов парниковых газов в мире. Основным судовым источником загрязнения окружающей среды является энергетическая установка. Исследования состава отработавших газов двигателей внутреннего сгорания показывает, что в атмосферу попадает около 200 химических соединений, которые оказывают различные действия на окружающую среду и живые организмы. Данные проблемы, наряду с необходимостью в экономической устойчивости, являются стимулами к улучшению КПД двигателей судов. Увеличение суммарного пропульсивного коэффициента происходит за счет описанных отдельных составляющих и устройств экономии энергии.

Ключевые слова: Пропульсивный комплекс, корпус судна, главный двигатель, валопровод, движитель, проектирование судов, парниковые газы, экономические и экологические факторы, система питания, окружающая среда, КПД движителя.

ANALYSIS PARAMETERS FOR VESSEL'S PROHULSIVE COEFFICIENT CALCULATION. ROLE IN ENVIRONMENTAL PROTECTION

O.P.Koperchak, D.V.Ogurtsov, N.A. Khalilov

The transport vessel's exhaust gases are a significant source of environmental pollution at the moment. From 2 to 3 percent of the world's total greenhouse gas emissions are ships. The main source of environmental pollution is the power station. Research of the composition of exhaust gases from engines show that about 200 chemical compounds are released into the atmosphere, which have various effects on the environment and living organisms. Environmental problems along with necessitate of economic sustainability are guide to improve vessels propulsive efficiency. Increment of summary propulsive coefficient is coming due to the described individual components and energy saving devices.

Key words. Propulsion unit, vessel hull, main engine, shaft line, propulsion, ship design, greenhouse gases, economic and environmental factors, power system, environment, propulsion efficiency.

Проектирование судов осуществляется в основном за счет экономического коэффициента окупаемости капиталовложений судовладельца. Возможное ужесточение механизмов контроля

выброса вредных веществ на основе углекислого газа повлияет на выбор компонентов пропульсивной установки судов, наряду с деталями судна. Затраты на топливо всегда являлись экономической