

Мониторинг смазочных материалов для энергетического оборудования

Д. А. Капралов – ООО «Турбомашины»

В настоящее время постоянно повышается количество источников энергии, в России ежегодно вводятся десятки новых электростанций. Распределенное производство энергии позволяет максимально приблизить энергоисточник к потребителю, существенно снизив потери на ее передачу. Надежная работа энергетического оборудования напрямую зависит не только от качества его изготовления, но и от современных средств диагностики, применяемых смазочных материалов и технических жидкостей.

In brief

Monitoring of power equipment lubricating oils.

At present the number of power plants in Russia is continuously growing. Dozens of them are commissioned every year. Distribution power generation strategy gives the opportunity to move power source maximum closer to the consumer and substantially reduce the losses for the transmission of the energy. Reliable operation of power equipment directly depends not only on quality of its manufacture but also on up-to-date diagnostic tools using for lubricating oils and process fluids. Magazine staff decided to study available opportunities for diagnostic of power equipment technical condition. One of the diagnostic methods together with integrated control system is laboratory analysis of used lubricating oils. To understand how analysis of used lubricating oils is applied the specialists of the magazine visited International test centre of fuel and lubrication materials. The questions were answered by Mr. Smirnov, managing director of the center, and Mr. Antonov, technical director.

Стратегия развития энергомашиностроения Российской Федерации на период до 2030 года требует создания конкурентоспособной техники и технологий для обеспечения безопасной и надежной работы энергосистемы. Для этого требуется, в том числе, создание и внедрение современных систем диагностики и мониторинга технологического оборудования на объектах электроэнергетики.

Редакция журнала решила провести собственный «мониторинг» возможностей диагностики технического состояния энергетического оборудования на российском рынке. Одной из форм диагностики, наряду со встроенными системами автоматики и контроля, является лабораторный анализ отработанных смазочных материалов.

Для того чтобы выяснить, как применяется анализ отработанных смазочных материалов для диагностики технического состояния оборудования, мы пригласили в редакцию представителей Международного испытательного центра по горючесмазочным материалам (ООО «МИЦ ГСМ»). На вопросы отвечают К.Ю. Смирнов – управляющий компании, и А.Е. Антонов – технический директор.

– Поскольку специализация нашего журнала – энергетика, то нас интересует в первую очередь опыт и возможности вашей компании по мониторингу энергетического оборудования. Но прежде хотелось бы услышать о возможностях МИЦ ГСМ и его месте на российском рынке.

К. Смирнов: Испытательный центр работает на рынке с 2008 года – тогда в московской лаборатории мы сделали первые 20 анализов смазочных материалов и отправили протоколы заказчику. А сегодня это уже более 45 тысяч анализов в год. На данный момент мы работаем с крупнейшими нефтеперерабатывающими компаниями, производителями смазочных

материалов и пакетов присадок, производителями техники, энергетическими корпорациями, представленными на российском рынке. Мы являемся постоянными участниками межлабораторных испытаний с отечественными и зарубежными лабораториями.

МИЦ ГСМ стал одним из первых, кто начал проводить анализ смазочных материалов не только по российским, но и по международным стандартам. И сегодня в нашем арсенале более 70 методов исследования физико-химических свойств смазочных материалов. Испытания можно проводить как по отдельным показателям, так и по группам показателей. Мы предлагаем стандартные комплексы испытаний для различных видов масел и специальных жидкостей – моторных, промышленных, трансмиссионных, гидравлических, турбинных, трансформаторных, смазочно-охлаждающих жидкостей, антифризов и др.

В 2015 году была открыта лаборатория в Новосибирске – она имеет приборное оснащение, аналогичное московской. Обе лаборатории объединены с помощью программного комплекса автоматизации лабораторных исследований собственной разработки. Система 2npel – система сбора, анализа и хранения данных, объединяющая лаборатории в единое цифровое пространство. Она позволяет не только анализировать результаты, полученные от приборов лабораторий, но и предоставлять их клиентам в режиме on-line и на двух языках. Клиент может отправить смазочный материал на анализ в любую из двух лабораторий, а протокол с интерпретацией результатов и рекомендациями он получит в своем личном кабинете через 48 часов после поступления образца в лабораторию. Сегодня в наших планах открытие третьей лаборатории – в Екатеринбурге.

А. Антонов: Наш центр имеет документы, подтверждающие компетентность в проведении испытаний горючесмазочных материалов:



- сертификат соответствия системы менеджмента качества требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2015 № RU CMS-RU.PT02.00089 от 05.06.2018 г. применительно к проведению испытаний горючесмазочных материалов;
- аттестат аккредитации № RU.04ИЛ15 от 13.08.2019 г. в качестве испытательной лаборатории, соответствующей требованиям ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий».

Для обеспечения единства измерений в соответствии со статьей 11 ФЗ №102-ФЗ от 26.06.2008 г. всё испытательное оборудование МИЦ ГСМ проходит обязательные процедуры поверки с получением аттестатов.

– *Расскажите, пожалуйста, о работе в области мониторинга смазочных материалов для энергетики.*

К. Смирнов: Эту тему, наверное, надо разделить на две составляющие – большая и малая энергетика. Если говорить о малой энергетике, т.е. о мониторинге моторных масел для газопоршневых установок, то это примерно 22 % всех проводимых нами анализов и более 10 лет практического опыта. Дело в том, что мониторинг масла и антифриза для ГПУ – это обязательные процедуры при эксплуатации.

Мы сотрудничаем практически со всеми участниками этого рынка – производителями техники и смазочных материалов, сервисными компаниями, владельцами газопоршневых установок. Для оценки свойств моторного масла разработан стандартный комплекс испы-

таний – КИТ-5. Изначально номенклатура его показателей составлялась нами на основании объединения требований технических бюллетеней таких производителей техники, как Caterpillar, Cummins, Jenbacher, Perkins, MWM, Waukesha, MAN и других. Но с накоплением опыта эксплуатации возникла необходимость в создании модифицированных комплексов под конкретных производителей.

А. Антонов: Наиболее тесное сотрудничество связывает нас с производителем ГПУ INNIO Jenbacher. МИЦ ГСМ – одна из четырех независимых лабораторий в мире, выбранных этой компанией для проведения мониторинга моторных масел и антифризов.

С 1 августа 2019 г. в рамках сотрудничества между ООО «МИЦ ГСМ» и INNIO Jenbacher начали работать три специализированных комплекса испытаний для моторных масел и антифризов, применяемых в газопоршневых установках Jenbacher на территории РФ и СНГ. Полученные результаты лабораторных исследований масел и антифризов передаются в систему дистанционной диагностики и мониторинга myPlant Jenbacher.

Облачная платформа myPlant обеспечивает российским владельцам техники Jenbacher доступ к данным о работе их газопоршневых установок в режиме реального времени. А расширение базы анализируемых показателей за счет данных исследования моторных масел и антифризов способствует раннему обнаружению проблем и более качественной диагностике двигателей.

📍 **Лаборатория МИЦ ГСМ**

К. Смирнов: Если говорить о большой энергетике, то сегодня это примерно 6 % всех проводимых нами анализов и более пяти лет практического опыта. Очень помогает в понимании требований рынка сотрудничество с одним из крупнейших технических университетов России в области энергетики – НИУ «МЭИ». За это время мы не только проводили анализы образцов масел по имеющимся стандартам, но и осваивали самые современные методы исследований. Особенно это важно для турбинных масел II и III групп API с пакетами антиоксидантов нового поколения и масел IV группы API. Я говорю о методах определения потенциала лакообразования, содержания антиокислительных присадок, температуры воспламеняемости негорючих жидкостей.

А. Антонов: В 2012 г. был введен новый стандарт для определения потенциала лакообразования турбинных масел – ASTM D7843 «Стандартный метод испытаний для измерения нерастворимых частиц, образующихся в турбинных маслах в процессе эксплуатации с использованием мембранной колориметрии (MPC)». В 2013-м вышли последние редакции стандартов ASTM D6810 и D6971 по определению содержания оксидантов в турбинных маслах по технологии RULER.

При освоении этих методов мы исходили из следующих обстоятельств. Зарубежные участники российского рынка энергооборудования Siemens, Ansaldo, Alstom, General Electric рекомендуют технологию RULER и метод MPC как неотъемлемую часть программы мониторинга состояния масел. Большинство западных производителей смазочных материалов используют эти методики не только для диагностики состояния, но и для проведения научных исследований при разработке новых рецептур турбинных масел. Следовательно, освоение этих методов в нашей лаборатории дает возможность российским владельцам оборудования организовать мониторинг на современном уровне, а российским производителям смазочных материалов – разрабатывать конкурентоспособные смазочные материалы для энергетики.

– Сегодня, по нашим данным, в России работает 400 газовых турбин малой (более 3,5 МВт), средней и большой мощности и более 150 ГТУ мощностью менее 3,5 МВт зарубежного производства. Вы уже упомянули о новых методах определения потенциала лакообразования и содержания антиоксидантов. Имеются ли другие существенные различия в методах исследования эксплуатационных свойств турбинных масел

российского и зарубежного производства (нормативная документация)?

К. Смирнов: Говоря о методах испытаний турбинных масел, хотелось бы отметить следующее. При сравнении требований российской нормативной документации и спецификаций мировых производителей турбинного оборудования видно, что отличия существуют лишь при определении стойкости к окислению. Для определения других показателей используются похожие методы.

Что же касается определения такого важно-го для эксплуатации показателя, как стойкость к окислению, то здесь имеются существенные различия. В российской нормативной документации единственным методом для определения стойкости к окислению является ГОСТ 981-75. Крупнейшие мировые производители в своих спецификациях дают рекомендации по применению ASTM D2272/D943/D7843/D6810/D6971. Все они являются неотъемлемой частью полноценной программы мониторинга состояния смазочных материалов.

Выпуск российской конкурентоспособной турбинной техники это не только «железо», но и современные смазочные материалы, и понятные специалистам всего мира методы и программы мониторинга состояния масла в процессе эксплуатации. В настоящее время в России для этого есть все условия. Так, после ввода в действие мощностей на заводах в Ангарске, Новокуйбышевске и Волгограде Россия перестанет быть дефицитным регионом по базовым маслам II группы API. И российские производители смазочных материалов смогут производить современные турбинные масла на отечественном сырье.

А. Антонов: В Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики до 2035 года, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 9 июня 2017 г., указывается, что более 70 % генерирующего оборудования введено в эксплуатацию до 1991 года. Существующий парк оборудования энергетической отрасли технически и морально устарел. Причем это заключение касается всех аспектов эксплуатации, в том числе смазочных материалов и методов определения их свойств.

В качестве примера можно привести метод определения стабильности против окисления по ГОСТ 981-75. Как видите, этому методу уже более 45 лет. Стандарт служил и служит «верой и правдой» российской энергетике. Можно сказать, что на нем до сих пор держится наше производство турбинных масел. Однако сегодня этот метод морально устарел, так как не учитывает изменений, произошедших в мировом энергомашиностроении. За эти

годы изменились и конструкции газовых и паровых турбин, и технологии производства смазочных материалов. Причем эти изменения взаимосвязаны. Стремление к повышению эффективности турбины и температуры горения в газовых турбинах было основным стимулом для создания более термически стойких турбинных масел. Соответственно, менялись требования к составу смазочных материалов, причем речь идет как о базовом масле, так и пакете присадок.

Качество базовых масел и химический состав присадок – основной фактор долговечности современного турбинного масла. Мировая нефтепереработка ответила на требования рынка созданием новых способов производства базовых масел. Они позволяют управлять содержанием насыщенных углеводородов в базовых маслах, производимых из нефти. Кроме того, на рынок вышли синтетические, искусственно созданные базовые масла.

В 1993 г. Американский институт нефти (API) предложил классификацию базовых масел. Она разделила все базовые масла на пять групп в зависимости от способа производства и таких показателей, как содержание насыщенных углеводородов, содержание серы и индекс вязкости (табл. 1).

Изменился и подход производителей смазочных материалов к производству турбинных масел. Вместо базовых масел I группы API они стали использовать масла II группы и новые пакеты присадок. По сравнению с I группой, базовые компоненты II группы характеризуются более высоким процентным содержанием насыщенных углеводородов, более низким содержанием ароматических соединений, соединений серы и азота. Следовательно, современные турбинные масла обладают лучшей стойкостью к окислению и воздействию высоких температур.

Одновременно с изменениями состава масел совершенствовались и методы испытаний окислительной стабильности. Я имею в виду ASTM D2272 «Стандартный метод определения окислительной стабильности масел для паровых турбин методом вращения сосудов высокого давления (RPVOT)» и ASTM D943 «Стандартный метод испытаний для характеристики окисления ингибированных минеральных масел (TOST)». Важно отметить, что они проходили модернизацию в соответствии с опытом эксплуатации турбин разных поколений. Например, сегодня действуют редакции: ASTM D943–19 и ASTM D2272–14. Все ведущие производители оборудования используют эти методы для нормирования стойкости к окислению в своих спецификациях. А поставщики смазочных материалов обязательно указывают

данные испытаний по этим методам в паспортах, чтобы владелец оборудования мог оценить прогнозируемую производительность при выборе масла.

В начале 2000-х годов на одно из первых мест при эксплуатации оборудования вышла проблема образования отложений на деталях турбин. Речь идет о шламовых и лаковых отложениях. При этом лаковые отложения приводят к заклиниванию клапанов систем регулирования турбин, что ведет к аварийному останову оборудования и многомиллионным убыткам. В ответ на это для прогнозирования работоспособности масел были разработаны новые методы испытаний: уже упоминавшиеся выше технология RULER View™ и метод MPC.

– *Расскажите, пожалуйста, подробнее о сотрудничестве с Московским энергетическим институтом.*

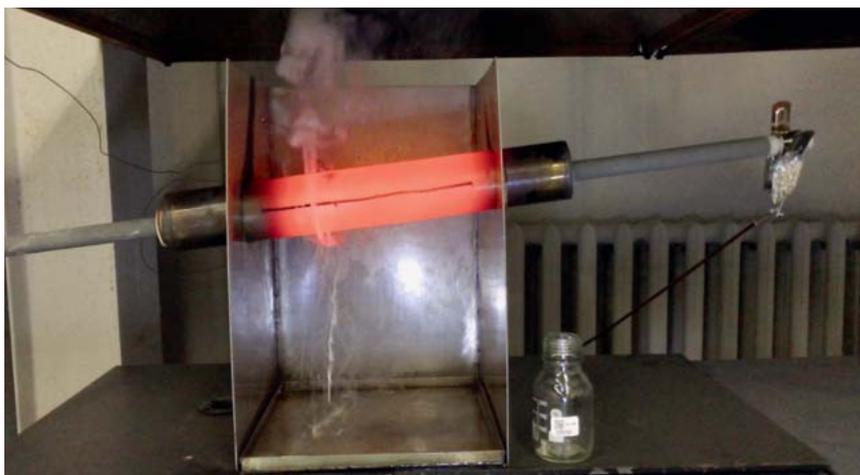
К. Смирнов: В 2019 г. в рамках работ по испытанию огнестойких жидкостей совместно с ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» разработаны программы и методики оценки гидrolитической стабильности, воспламеняемости, стойкости к окислению и коррозии. Отработка методик проводилась на известных на российском рынке огнестойких жидкостях – Reolube 46RS, Reolube OMTI, Fyrquel-L. Все они относятся к категории L-TCD ГОСТ ISO 6743-5-2013, т.е. это жидкости для применения в регулирующих механизмах паровых, газовых, гидравлических турбин, с отдельной подачей от смазочного

Табл. 1. Классификация базовых масел API

Группа API	Насыщенные углеводороды, %	Содержание серы, %	Индекс вязкости	Технология производства
I	< 90	> 0,03	80...119	Сольвентная очистка
II	> 90	< 0,03	80...119	Гидрокрекинг
III	> 90	< 0,03	120+	Гидрокрекинг + изодепарафинизация
IV	Полиальфаолефины (ПАО)			Олигомеризация + полимеризация
V	Сложные эфиры, органические гликоли и т.д.			Синтез

Табл. 2. Программы и методики ООО «МИЦ ГСМ» для испытаний негорючих гидравлических жидкостей

Программа и методика	Название	Стандарт
ПМ 1.1-05-2019	Нефтепродукты и смазочные материалы. Программа и методика определения параметров воспламеняемости негорючих гидравлических жидкостей и смазочных материалов, находящихся в контакте с горячими поверхностями	ISO 20823:2003(E)
ПМ 1.2-05-2019	Нефтепродукты. Программа и методика определения стойкости к окислению и коррозии негорючих жидкостей на основе арилфосфатов	BS EN 14832:2005
ПМ 1.3-05-2019	Нефть и нефтепродукты. Программа и методика определения гидrolитической стойкости негорючих жидкостей на основе арилфосфатов	BS EN 14833:2005



Испытательный стенд МИЦ ГСМ. Воспламенение в каплесборнике



Воспламенение
на трубопроводе
(коллекторе)

материала и где необходима негорючая жидкость. Основой при разработке программ и методик были требования общепризнанных международных стандартов – ISO 20823:2003, BS EN 14832:2005/14833:2005 (табл. 2).

Все перечисленные программы и методики прошли метрологическую экспертизу в ФБУ «Ростест–Москва» и получили по результатам метрологической экспертизы заключение № РТ-З-6209-130-2019 от 24 июля 2019 года. В результате сегодня мы имеем единственный в России стенд для испытания на воспламеняемость по адаптированной российской методике стандарта ISO 20823:2003(E) «Нефтепродукты и родственные продукты – Определение параметров воспламеняемости жидкостей, находящихся в контакте с горячими поверхностями – Испытание трубопровода на воспламеняемость».

Стенд в основном используется для оценки стойкости к воспламенению огнестойких гидравлических жидкостей, которые по определению трудно воспламеняются. Предусмотрено регулирование температуры трубопровода для замера температуры воспламенения жидкости в диапазоне от 100 до 850 °С. Испытуемую жидкость проверяют на наличие горения как на

трубе, так и после стекания с трубы в капле-сборник.

– Стратегия развития энергомашиностроения предусматривает, кроме создания отечественного оборудования, максимальную локализацию на российских предприятиях производства турбин, выпускаемых по лицензиям или в рамках СП с участием иностранных компаний. Так, Siemens заявила о локализации производства своей турбины в России на 100 % к 2024 г., включая и так называемую «горячую часть», для которой западные компании до последнего времени отказывались делиться технологиями производства. Что может предложить МИЦ ГСМ для таких предприятий?

К. Смирнов: Для таких предприятий мы предлагаем стандартные комплексы испытаний гидравлических, компрессорных, редукторных, циркуляционных масел, основанные как на российской, так и на международной нормативной базе. Кроме этого, в 2019 г. после долгой и сложной работы мы запустили два комплекса испытаний для оценки работоспособности водосмешиваемых смазывающих охлаждающих жидкостей (СОЖ). Трудность работы заключалась в отсутствии общего промышленного стандарта для этих жидкостей. Пришлось учитывать требования и производителей СОЖ, и возможности российских машиностроительных предприятий.

Один комплекс позволяет оценить качество воды, применяемой на предприятии для приготовления СОЖ, второй – используется для оценки ее работоспособности в процессе эксплуатации. Оба комплекса испытаний дополняют имеющиеся на предприятиях оперативные средства контроля за текущим состоянием СОЖ. Полное исследование в МИЦ ГСМ позволит дополнительно оценить коррозионную активность, степень биопоражения, загрязнение посторонними маслами и еще целый ряд показателей работоспособности СОЖ. А в конечном итоге – оптимизировать затраты на эксплуатацию водосмешиваемых СОЖ как на стадии выбора оптимальной жидкости, так и при повседневной эксплуатации.

В заключение хочется отметить, что применение современных средств диагностики и исследование состояния эксплуатируемых масел и других рабочих жидкостей может существенно продлить жизненный цикл работающих механизмов, своевременно выявить возникающие проблемы, сделать оперативный прогноз, предотвратить тем самым огромные потери заказчиков. **Д**