

## Трибодиагностика

Трибодиагностика - анализ состава масла (продуктов износа, окисления и загрязнения сторонними веществами). Это один из самых эффективных методов диагностики состояния трущихся деталей механизмов. Трибодиагностика применительно к машинному оборудованию представляет собой оценку его технического состояния по составу и концентрации продуктов износа в рабочем масле с помощью специальных приборов и оборудования (анализаторов масла, атомно-эмиссионных и ИК спектрометров, рентгено-флюорисцентных анализаторов и т.д.). Анализ проб масла на данном оборудовании позволяет определить концентрацию в нем того или иного элемента, из которого сделаны детали механизма, подвергающиеся трению. Зная эту величину, определяют усредненный износ соответствующей детали и делают вывод о необходимости проведения ремонтных работ.

Трибодиагностика – это перспективный превентивный метод оценки состояния машинного оборудования, дающий достоверные данные о его рабочем состоянии и степени износа. Однако на сегодняшний день данный метод не получил широкого распространения в промышленности. Трибодиагностика в качестве повседневной практики пока используется только для обслуживания газотурбинных двигателей. Но перспективно ее применение для оценки работоспособности подшипников качения и других узлов машин.

Компания ООО «Балтех», занимающаяся поставкой широкого спектра оборудования для проведения диагностики и ремонта машинного оборудования, предлагает сегодня своим клиентам [анализаторы масла BALTECH AO-5000](#), [BALTECH AO-5100](#) и [минилабораторию для анализа масел и смазок BALTECH CSI 5200](#), позволяющие проводить трибодиагностику имеющихся машин и оборудования. Кроме того, мы предлагаем специалистам, занимающимся техническим обслуживанием и ремонтом машинного оборудования пройти обучение в нашем учебном центре в Санкт-Петербурге на курсе TOP-105 «Трибодиагностика. Анализ масел и смазок». Данный курс познакомит Вас с возможностями трибодиагностики, методами пробоотбора и анализа масел и смазок.



## АНАЛИЗ МАСЛА

Анализ масла в настоящее время становится все более популярным в качестве одного из методов диагностики двигателей. Данный метод считается достаточно эффективным, поскольку, согласно накопленным данным, те или иные дефекты, обнаруживаемые при анализе масла, подтверждаются в 95 из случаев при разборе машины. Таким образом, анализ масла позволяет получить достоверную информацию о техническом состоянии двигателя машины.

Кроме того, состояние и рабочий ресурс самого двигателя, более чем на 80-90% зависит от состояния масла, которое в ходе эксплуатации подвергается процессам окисления, нитрования, загрязнения, что ведет к его естественной деградации. Масло раньше времени потерявшее свои защитные свойства способно в несколько раз увеличить скорость износа двигателя и привести его, в конечном итоге, к поломке.



Производители техники дают средние интервалы замены масла, которые не учитывают конкретных условий эксплуатации техники и скорости деградации масла данным механизме. При этом возможно два варианта развития событий:

- Преждевременная замена масла, т.е. потеря времени, ненужный расход масла, потеря средств на дополнительное ТО;
- Масло деградирует быстрее указанных сроков, что ведет к увеличенному общему износу двигателя и уменьшению срока его эксплуатации.

Регулярный анализ масла позволяет избежать данных проблем и максимально использовать ресурс масла без ущерба работоспособности техники.

Компания ООО «Балтех» - поставщик оборудования для комплексной диагностики машинного оборудования – предлагает своим пользователям следующее оборудование для анализа масел и смазок: анализатор масла BALTECH AO-5000 и минилаборатория масел и смазок BALTECH CSI 5200. Также в учебном центре компании в Санкт-Петербурге всем техническим специалистам, связанным с заменой масла и техническим обслуживанием техники предлагается пройти новый учебный курс TOP-105 «Трибодиагностика. Анализ масел и смазок», где подробно будут освещены вопросы смазывания, пробоотбора и диагностики техники по данным анализа масла.

## АНАЛИЗ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

	5200	52DV
Входной контроль масел	X	X
Насосные масла	X	X
Компрессорные масла	X	X
Моторные масла	X	X
Турбинные масла	X	X
Редукторные масла	X	X
Гидравлические масла	X	X
Трансформаторные масла	X	
Консистентные смазки	X	

Анализ трансформаторного масла позволяет определить состояние не только самого масла, но и трансформатора в целом. Состав масла дает возможность оценить износ трансформатора, его надежность и состояние его изоляции. Большая часть внутренних повреждений, которые не видны при внешнем осмотре трансформатора, таких как частичные разряды (в масле или твердой изоляции), местные перегревы, незначительное искрение в контактных соединениях изменяют состав и свойства масла и могут быть выявлены при анализе трансформаторного масла.

Изменение исходных характеристик масла вызывают также загрязнения, попадание воды, воздуха, а также естественное старение масла, вызванное окислением. Химический анализ трансформаторного масла и испытания его диэлектрических характеристик являются наиболее известными и широко распространенными методами проверки состояния трансформаторного масла.

Хроматографический анализ трансформаторного масла в свою очередь позволяет детектировать на ранней стадии дефекты в трансформаторе и следить за развитием этих процессов в трансформаторе, помогает предсказать повреждения, не обнаруживаемые традиционными способами. Однако это достаточно дорогой и трудоемкий анализ, требующий специального оборудования и квалифицированного персонала.

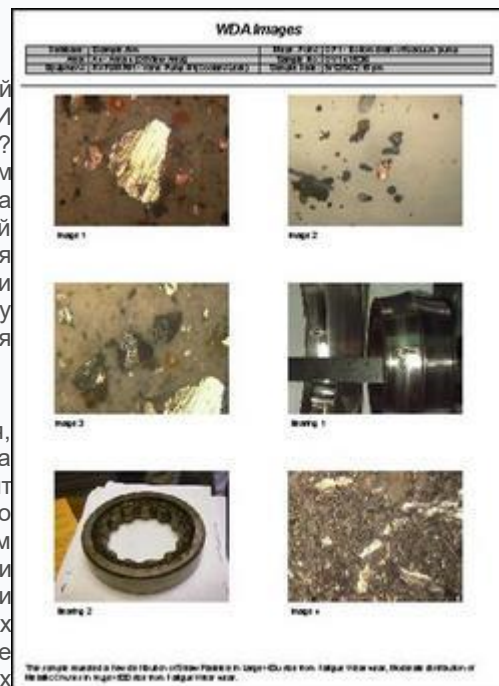
Поэтому в настоящее время производители оборудования для диагностики стали выпускать портативные анализаторы масла, которые позволяют за несколько минут провести анализ трансформаторного масла и определить его пригодность к дальнейшему использованию. Примером такого анализатора может служить анализатор масла BALTECH AO-5000, поставляемый компанией ООО «Балтех».

Для более полного анализа трансформаторного масла компания ООО «Балтех» предлагает минилабораторию для анализа масел и смазок BALTECH CSI 5200. Данная лаборатория позволяет не только констатировать факт ухудшения состояния масла, но и определить его причину: загрязнение, окисление или износ.

## ЗАМЕНА МАСЛА

Замена масла – процедура, с которой сталкивается любой автолюбитель и, конечно же, владельцы автопарка машин. И здесь всегда встает вопрос: как часто надо менять масло? Кажется, что ответ достаточно прост – следовать рекомендациям производителя автомобиля. Однако однозначно ответить на вопрос ответить трудно, так как большинство производителей устанавливают средний срок замены масла, не учитывая реальных условий эксплуатации конкретного автомобиля. Если Ваш автомобиль эксплуатируется в тяжелых условиях, то замену масла надо проводить чаще, иначе рискуете быстро лишиться средства передвижения из-за поломки двигателя.

Какие же условия считаются тяжелыми для работы двигателя, которые сказываются на качестве масла? Это, прежде всего, езда в «пробках» с частыми «стартами-остановками», которая приводит к перегреву масла, а, следовательно, к более быстрому его окислению. Также масла боится загрязнений, вызванных плохим качеством топлива, воздушных фильтров и пыльными дорогами. Все это реалии наших российских дорог. Поэтому, если Вы будете ориентироваться на рекомендации иностранных производителей по смене масла в Вашей «иномарке», то рискуете быстро вывести из строя ее двигатель. Что же делать в данных условиях: менять масло чаще?



Если Вы просто автолюбитель и речь идет о замене масла в одном автомобиле, то Вы, возможно, можете позволить себе менять масла в два-три раза чаще указанного производителем срока. А если идет речь о парке машин, это может быть очень и очень дорого. И здесь Вам на помощь придет использование портативных анализаторов масла типа BALTECH AO-5000 компании ООО «Балтех», который за 2 минут даст ответ пригодно или нет Ваше масло к дальнейшей эксплуатации или его уже пора менять. Кроме того, в комплекте с данным анализатором поставляется методика выполнения капельной пробы масла с набором необходимых аксессуаров, позволяющая провести экспресс-анализ масла по одной капле прямо с масляного щупа двигателя.

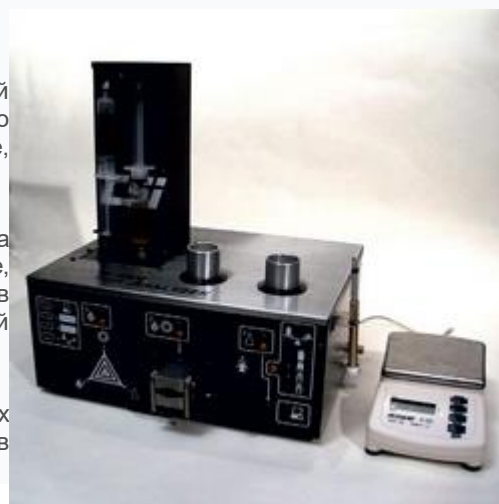
Использование минилаборатории для анализа масел и смазок **BALTECH CSI 5200** поможет не только определить пригодность масла к дальнейшему использованию, но и диагностировать проблемы с двигателем, если таковые имеются, что позволит вовремя принять необходимые меры, чтобы не допустить незапланированного выхода из строя машины.

## ПРИМЕНЕНИЕ МАСЕЛ

Спектр применения масел очень широк в современной промышленности и технике. Как правило, их подразделяют по сфере применения: моторные, турбинные, компрессорные, индустриальные, электроизоляционные и другие.

Моторные масла в свою очередь подразделяются на автомобильные (карбюраторные и дизельные), авиационные, реактивные и автотранспортные. Применение этих масел в двигателях ставит перед собой задачу уменьшить износ деталей двигателя и потери, связанные с трением.

Для смазывания и охлаждения подшипников газовых и паровых турбин, генераторов электрического тока и турбокомпрессоров применяются масла турбинные.



Смазка ротационных и поршневых компрессоров, холодильных машин и воздуходувок обеспечивается компрессорными маслами.

Индустриальные масла применяются в качестве рабочей и закалочной жидкости, для смазывания пар трения и подшипников металлообрабатывающих станков и промышленного оборудования, контрольно-измерительной аппаратуры, а также для изготовления консистентных смазок.

Для смазки зубчатых передач (конических, цилиндрических и др.) в коробках передач, механизмах рулевого управления, ведущих мостах, бортовых, а также в гидравлических приводах машин и механизмов применяют масла трансмиссионные.

На потребительском рынке наиболее распространены и известны моторные, так как именно их используют владельцы личных автомобилей.

Условия работы данных масел зависят не только от типа двигателя (карбюраторный или дизельный), но и от его конструкции. Производители автомобилей, хорошо зная особенности производимой продукции, стараются подобрать марки моторных масел, которые наилучшим образом отвечают данному типу и конструкции двигателя. Перечень рекомендуемых производителем марок моторных масел обычно приводится в руководствах по эксплуатации автомобиля. Там же приводится в рекомендованный срок замены масла.

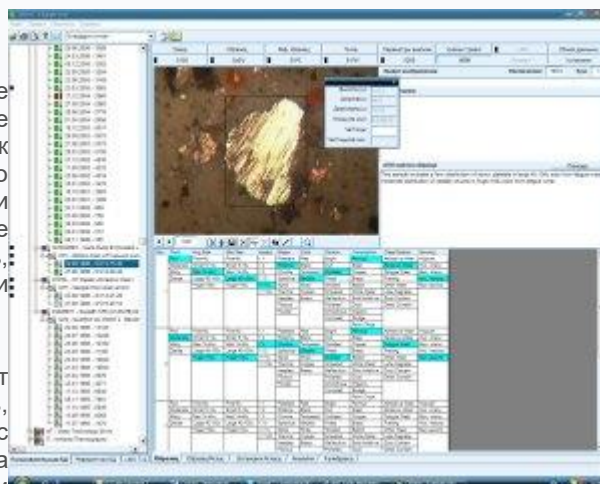
Однако эти сроки являются усредненными, не учитывающими реальных условий применения масел. Что более корректно оставить сроки замены масла – необходимо провести его анализ, в частности определить его вязкость, кислотное и щелочное число, наличие или отсутствие загрязнений и пр. Все эти анализы требуют достаточно продолжительного времени и наличия многочисленного оборудования и специально обученного персонала, что не всегда доступно. Поэтому сейчас выпускаются портативные анализаторы масла, такие как BALTECH АО-5000 компании ООО «Балтех», которые легко определяют пригодность масла к дальнейшей эксплуатации.

Также мы предлагаем посетить наш учебный курс TOP-105 «Трибодиагностика. Анализ масел и смазок», где будут освещены вопросы по применению масел, его анализу и диагностике машинного оборудования по результатам анализа масла, для которой наиболее широко используется минилаборатория для анализа масел и смазок BALTECH CSI 5200.

## СВОЙСТВА МАСЕЛ

Именно свойства масел, позволяющие уменьшать трение в движущихся механизмах, обеспечивают их широкое применение в современной технике. Любое масло, как правило, состоит из основы, которая определяет его основные вязко-температурные характеристики, и присадок, которые добавляют базовому маслу такие новые свойства как, антикоррозийная устойчивость, антиокислительная и противозадирная способность и другие.

Техническое описание на любого масла содержит перечень основных свойств масла, а именно, плотность, вязкость кинематическая и динамическая, индекс вязкости, температура вспышки, температура застывания, общее щелочное число (TBN), плотность и другие. Ниже приведено краткое описание данных свойств масел.



**Вязкость** масла - одна из важнейших его характеристик. Вязкостью масла определяется его способность оставаться на поверхности трущихся деталей двигателя и при этом сохранять текучесть. Различают кинематическую вязкость, т.е. текучесть масел при температурах 40°C и 100°C, и динамическую вязкость - сопротивление взаимному сдвигу двух слоев масла, которые двигаются с определенной скоростью на определенном расстоянии друг от друга. Единицы измерения вязкости: сантистокс (**cSt**) для кинематической вязкости и сантипуаз (**cP**) для динамической вязкости.



**Индекс вязкости** – следующее по важности свойство масла. Он является безразмерным показателем, который характеризует вязкость масла в зависимости от изменения температуры. Чем больше индекс вязкости, тем меньше зависит вязкость масла от изменений температуры.

**Температурой вспышки** называется наименьшая температура, при которой пары углеводородов из масла образуют с воздухом смесь, способную при внесении в нее внешнего источника огня, воспламениться. Значительное уменьшение температуры вспышки у исследуемого масла может говорить о разбавлении масла топливом.

**Температура воспламенения** – температура, при которой пары над поверхностью нагреваемого масла образуются с такой скоростью, что при поднесении к ним открытого огня наблюдается воспламенение. Обычно температура воспламенения выше, чем температура вспышки на 10-50°C.

**Температурой застывания** называется температура, при которой масло остается неподвижным под действием силы тяжести (не течет). Данная температура должна быть ниже на 5-7°C температуры прокачки масла по системе смазки двигателя. Она зависит от вязкости и химической структуры масла. Как правило, наилучшие показатели по температуре застывания имеют синтетические масла.

**Общее щелочное число (TBN)** – отражает запас нейтрализующих свойств масла, включая добавляемыми в масло моющими и диспергирующими присадками, которые обладают щелочными свойствами. Чем больше щелочное число, тем способнее масло к нейтрализации кислот, образующихся при его окислении и сгорании топлива.

**Плотность** – еще одно фундаментальное свойство масла, которое измеряется в кг/м<sup>3</sup> при температурах +15°C или +20°C. В зависимости от типа и качества базового масла и состава присадок плотность масел бывает от 700 до 950 кг/м<sup>3</sup>.

**Сульфатная зольность** – свойство масла. Которое отображает содержание присадок, главным образом органических соединений металлов.

**Испаряемость** – параметр, отражающий способность масла к испарению. Высокая испаряемость масла ведет к увеличению расхода масла на угар и на долив. Масла на синтетической основе имеют, как правило, более низкую испаряемость, чем масла на минеральной основе.

Все эти свойства масел определяются по методикам соответствующих ГОСТов. Для каждого показателя есть свой перечень оборудования, таким образом, чтобы получить полную характеристику Вашего масла, Вам нужна достаточно большая лаборатория и опытный штат сотрудников. Часто не всегда нужно знать все показатели масла (если речь не идет о его входном контроле). Так для диагностики оборудования важнее становятся другие показатели масла – загрязнения, наличие воды, топлива и другие, а для решения вопроса о замене масла бывает достаточно иметь экспресс **анализатор масла BALTECH AO-5000** компании ООО «Балтех», который за 2 минут покажет хорошее масла еще или уже нет. А поставляемая в комплекте с ним капельная проба поможет оценить моюще-диспергирующие свойства масел.

Для более подробного анализа масел и смазок компания ООО «Балтех» предлагает воспользоваться минилабораторией для анализа масел и смазок BALTECH CSI 5200, позволяющая не только оценить возможность дальнейшего использования масла, но его вязкость, тип и количество загрязнений, возможный источник износа оборудования.

## ПРИБОРЫ КАЧЕСТВА МАСЛА

Приборы качества масла предназначены для анализа масла на такие показатели качества, как вязкость, температура вспышки, температура воспламенения, общее щелочное число, кислотное число, плотность, испаряемость, содержание воды и загрязнений. Ряд из этих параметров отражают не только качество масла, как такового, но и могут быть использованы для диагностики оборудования. В частности это относится к таким показателям, как вязкость, температура вспышки, содержание воды и, особенно, наличие и тип загрязнений.



Кроме того, существует ряд приборов качества масла, определяющих какие-то специфические характеристики определенных типов масла, например, приборы для определения тангенса угла диэлектрических потерь, *электрической прочности*, а также *газосодержания* трансформаторного масла.

Для определения каждого показателя качества масла существуют свои приборы, которые позволяют проводить измерения или по соответствующим ГОСТам или другим нормативным документам. В одной статье не представляется возможным описать весь перечень методов измерения и производителей приборов качества масла, так как для каждого показателя возможен не один метод измерения и несколько производителей данного класса оборудования.

Сегодня мы остановимся на приборах качества масла, используемых для комплексного анализа масла и диагностики машинного оборудования. К таким приборам в частности относятся портативный экспресс анализатор масла BALTECH АО-5000 и минилаборатория для анализа масел и смазок BALTECH CSI 5200, поставляемых компанией ООО «Балтех». Работа обоих приборов основана на измерении изменения диэлектрической проницаемости нового и использованного масла.

Экспресс анализатор масла BALTECH АО-5000 позволяет за 2 минуты ответить на вопрос: «Пригодно ли используемое масло к дальнейшей эксплуатации или нет?». Также он позволяет строить тренды изменения качества масла, и таким образом прогнозировать возможные неполадки в оборудовании. А прилагаемая к нему методика выполнения капельной пробы масла дает возможность определить такие неполадки в дизелях, как неполное сгорание топлива, недостаточная фильтрация масел и местный перегрев.

Минилаборатория для анализа масел и смазок BALTECH CSI 5200 как прибор качества масла позволяет определять такие показатели масла как вязкость, содержание воды и количество частиц по стандартам ISO 4406 и NAS 1638 (встроенный лазерный счетчик частиц), а также провести анализ частиц износа. В целом минилаборатория дает возможность определить причины изменения свойств масла – химия, загрязнения или износ, а также выявить источник проблем с оборудования, если таковые имеются.

## ЗАГРЯЗНЕНИЕ МАСЛА

В данной статье мы хотим подробно осветить очень важную проблему, которая очень часто является причиной основательного ремонта турбины, двигателя автомобиля или гидравлических машин - загрязнение масла.

Загрязнение масла очень неблагоприятно сказывается на надежности и долговечности гидросистем. Так по статистическим данным примерно 70-80% выходов из строя гидравлических систем и до 90% поломок подшипников в мире связаны с присутствием загрязнений и воды в гидравлическом масле.

Загрязняющие масло частицы, передвигаясь вместе с ним, попадают в зазоры движущихся деталей, вызывая их повышенное трение, что в свою очередь приводит к еще большему количеству абразивных частиц в масле. Поверхность данных частиц выступает в качестве катализатора, вызывая окисление масла кислородом. Продукты окисления масла могут вызвать блокировку частей гидросистем.

Загрязнение масла водой является основной причиной коррозии деталей и узлов гидравлических систем, которая ведет к образованию новых частиц и увеличивает износ оборудования.

К сожалению, загрязнение масла в работающем двигателе автомобиля или турбокомпрессора происходит непрерывно. Как быстро идет данный процесс, зависит от таких факторов, как конструкция двигателя, режимы эксплуатации, качество топлива и многое другое. Довольно часто грязь попадает в масло в ходе ремонта автомобиля при недосмотре, а также при износе двигателя или неисправном перепускном клапане масляного фильтра.

Загрязнение масла крупными частицами, как правило, ведет к появлению многочисленных глубоких царапин. Попадание мелких частиц в масло часто выливается в неприятный сюрприз: износ и стачивание краев подшипника.



Чтобы избежать всех перечисленных выше неприятностей, связанных с загрязнением масла, необходимо периодически выполнять анализ масла, который позволит своевременно отследить наличие существенного загрязнения масла и диагностировать аномальный износ оборудования. Для анализа масла на содержание частиц используют различные лазерные счетчики частиц, подобные тому, который используется в минилаборатории для анализа масел и смазок BALTECH CSI 5200. Лазерный счетчик в данной минилаборатории является встроенным и позволяет напрямую проводить измерения частиц и распределение их по размерам, начиная от 2 мкм. Он позволяет определять степень чистоты по ISO 4406 и NAS 1638, является полностью интегрированным с программами OilView и AMS Machinery Manager, и соответствует принятым в промышленности стандартам.

Имеется также возможность определения степени загрязнения водой. Кроме того, минилаборатория для анализа масел и смазок BALTECH CSI 5200 позволяет проводить феррографический анализ продуктов износа и определять какие именно частицы присутствуют в масле (железо, свинец, сажа и др.), что дает возможность диагностировать, какой узел подвержен износу и вносит наибольший вклад в загрязнение масла.

## КОНТРОЛЬ МАСЛА

В процессе эксплуатации масло в двигателях автомобилей, трансформаторах, турбинах, гидравлических машинах подвергается различным воздействиям:

- термическое воздействие;
- воздействие окружающей атмосферы;
- химическое взаимодействие с различными материалами;
- воздействие электрического поля (для трансформаторных и изоляционных масел) и др.



В результате чего масло стареет, и ухудшаются его эксплуатационные свойства. Чтобы вовремя обнаружить изменения качества масла и возможные загрязнения, необходимо проводить систематический контроль масла.

Информация, получаемая при периодическом контроле масла, может давать говорить не только о состоянии масла, но и других частей двигателя (трансформатора и др.) и его работоспособности в целом. Методы контроля масла, как правило, регламентированы стандартами, которые существуют для определения каждого отдельного показателя качества масла (вязкости, температуры вспышки, воспламенения, общего щелочного числа и др.). Для осуществления контроля масла по отдельным показателям требуется наличие большой лаборатории и длительного времени, что не всегда бывает удобно.

Однако в настоящее время существует ряд приборов, которые позволяют проводить экспресс-контроль масла. К таким приборам относится анализатор масла BALTECH AO-5000, выполняющий контроль масла за 2 минуты. Он проводит комплексную оценку состояния масла и отвечает на вопрос: «Пригодно ли еще данное масло к эксплуатации или его необходимо заменить?» Также используя анализатор масла BALTECH AO-5000 для систематического контроля масла, Вы сможете строить тренды изменения состояния масла и отслеживать проблемы, связанные не только с маслом, но и с состоянием оборудования.

Для того чтобы провести более расширенный анализ масла, следует воспользоваться минилабораторией для анализа масел и смазок BALTECH CSI 5200, которая даст не только ответ о пригодности масла к дальнейшей эксплуатации, но и покажет сколько и каких частиц содержится в нем, проинформирует о наличии воды и топлива и измерит вязкость.

## ДИАГНОСТИКА МАСЛА

В настоящее время результаты диагностика масла часто является основным методом при анализе технического состояния, как двигателей внутреннего сгорания, так и силовых трансформаторов. Общепринято, что моторное масло - уникальный носитель информации о техническом состоянии двигателя внутреннего сгорания.

Особенно эффективна диагностика масла, работавшего в дизелях грузовиков и дорожно-строительной техники. Многочисленные исследования показали, что предполагаемые неисправности по анализу масла подтверждаются в 95% случаев при разборке и ремонте. Регулярная диагностика масла из дизелей позволяет сократить эксплуатационные расходы в среднем на 25%.



Кроме того, диагностика масла, работающего в двигателе, характеризуется следующими преимуществами:

- не требуется прекращать эксплуатацию машины;
- не нужна разборка;
- обнаружение неисправностей двигателя на самой ранней стадии возникновения;
- возможность замены масла по его фактической работоспособности, а не по пробегу;
- невысокая трудоемкость проведения анализа.

Наиболее распространенные методы лабораторной трибодиагностики масла – инфракрасный спектральный и феррографический анализы. Они дают возможность определять неисправности смазываемых узлов трения. Так феррография позволяет диагностировать вид износа и интенсивность трения по форме, распределению размеров частиц, состоянию их поверхности и материалам, из которых они состоят. Данный метод может применяться не только при исследовании магнитных металлических частиц, но также и немагнитных материалов: графита, бронзы, алюминия, латуни и т. д. Компания ООО «Балтех» предлагает минилабораторию для анализа масел и смазок BALTECH CSI 5200, которая позволяет проводить диагностику масла, работающего масла, используя феррографический анализ и определение количества и размеров частиц по ISO 4406 и NAS 1638, что в совокупности позволяет определить вид износа, место возможного отказа и степень опасности дефекта. Например, при образовании на трущихся поверхностях усталостных микротрещин в масле появляются сферические частицы, а при усталостном выкрашивании - хлопьевидные частицы. При коррозионном процессе в пробах масла будут определяться частицы размером до 2 мкм.

Кроме того, сейчас все более популярным становится применение экспресс-диагностики масла, выполняемой непосредственно в водителем или техническим персоналом автотранспортных предприятий. Для этого предлагаются специальные комплекты простейших приборов и реагентов, типа анализатор масла BALTECH АО-5000. Одним из составляющих комплекта поставки которого являются фильтры и методика так называемой «капельная пробы масла». По ней капля масла наносится на фильтровальную бумагу и через 15-20 минут проводится ее визуальная оценка, которая дает информацию о диспергирующих свойствах масла, степени его загрязненности и наличия его обводнения.

## КАК ПРОВЕРИТЬ МАСЛО?



Как проверить масло? Какое масло лучше использовать? Сколько времени можно использовать масло? Эти вопросы очень часто задают слушатели на учебных курсах компании BALTECH.



Моторное масло – является одной из основных жидкостей, которые применяются в двигателях внутреннего сгорания. Его задача состоит в смазывании узлов двигателя. При этом уменьшается трение, а, следовательно, и износ деталей. Поэтому очень важно, чтобы используемое масло было качественным. Общеизвестно, что качество горюче смазочных материалов напрямую влияет на долговечность работы двигателя и других узлов машин. Поэтому так остро стоит вопрос о том, как проверить масло, используемое в оборудовании.

Данный вопрос может быть подразделен на два, которые могут решаться по-разному. Первый – как проверить масло, которое только заливается? А второй – как проверить масло, уже используемое в машине?

Для решения первого вопроса надо исходить из нормативных требований ГОСТов на каждый тип масел, где прописаны необходимые для него характеристики и методы их определения. За основу можно взять ГОСТ 26191-84 «Масло, смазки и специальные жидкости. Технические условия», где приведен

перечень основных типов масел и их областей применения, а также ссылки на нормативные документы для каждого типа масла. Здесь, как правило, не используются экспресс-методы.

Для того, чтобы разобраться с вопросом о том, как проверить масло, отработавшее некоторое время в машине, можно также использовать параметры, указанные в соответствующих ГОСТах и следить за их изменением. При этом анализ выполнять традиционными методами. А можно использовать более современные методы лабораторной диагностики отработанного масла – инфракрасный спектральный и феррографический анализы. Они позволяют не только определить такие характеристики масла, как общее щелочное число, кислотное число и другие, но и выявить неисправности смазываемых узлов трения.

Также в последнее время все более широко для ответа на вопрос, как проверить масло из машин, используются экспресс-методы. Для этого используются портативные приборы типа BALTECH OA-5000 или минилаборатории типа BALTECH CSI 5200.

Анализатор масла BALTECH OA-5000 позволяет за 2 минуты оценить возможность дальнейшего использования анализируемого масла. А длительное наблюдение за качеством масла с его помощью дает возможность оценить и работоспособность смазываемых узлов машины.

Минилаборатория для анализа масел и смазок BALTECH CSI 5200 кроме оценки ресурса масла может определить степень его загрязненности по ISO 4406, ISO 11171 и NAS 1638 и определить тип износа деталей машины.

## ВЯЗКОСТЬ МАСЛА

Вязкость масла очень важный критерий, который характеризует очень важное свойство, влияющее на работоспособность пар трения.

Вязкость — это возникающее трение между молекулами жидкости при их перемещении под влиянием внешней силы, т. е. внутреннее сопротивление этому перемещению. Вязкость масла является его основной характеристикой. Значение вязкости является одним из наиболее важных критериев при выборе масла для использования в каждом конкретном случае, так как вязкость масла является показателем его смазывающих свойств, т.е. качества смазывания, распределения масла на поверхностях деталей и, таким образом, износ узлов трения.



Вязкость масла зависит от химического состава и структуры соединений, составляющих масло, и является характеристикой масла как вещества. Кроме этого, вязкость масла также зависит и от внешних факторов —

температуры, давления (нагрузки) и скорости сдвига, поэтому рядом с числовым значением вязкости всегда должны указываться условия определения вязкости.

Различают кинематическую и динамическую вязкость масла. Единицы измерения динамической вязкости - пуаз или сантипуаз. Кинематическая вязкость представляет собой отношение динамической вязкости к плотности, и характеризует текучесть масел при нормальной и высокой температурах. Единицы измерения кинематической вязкости - стокс или сантистокс. Численные значения кинематической и динамической вязкости несколько различаются, в зависимости от плотности масел.

Вязкость масла измеряют, используя один из двух основных типов вискозиметров:

- **Вискозиметр истечения** используется для измерения кинематической вязкости по скорости свободного течения (времени вытекания). В настоящее время чаще всего для этого пользуются стеклянным капиллярным вискозиметром, в котором измеряется время истечения масла при фиксированной температуре. Стандартными температурами являются 40 и 100 °С. Также используются сосуды с калиброванным отверстием на дне, такие как вискозиметры Энглера, Сейболта и Редвуда (Redwood).
- **Ротационный вискозиметр** применяется для определения динамической вязкости по крутящему моменту с установленной скоростью ротора или по скорости вращения ротора при заданном крутящем моменте, например, вискозиметр, входящий в состав минилаборатории для анализа масел и смазок BALTECH CSI 5200.

Основные методы определения вязкости для моторных масел приведены в спецификации SAE J300 APR97. В данной спецификации приведены значения степеней вязкости SAE для моторных масел и описан порядок измерения параметров вязкости. Более подробно о данной и других видах классификации масел и методов определения вязкости масла Вы можете узнать, посетив обучающий курс TOP-105 «Трибодиагностика. Анализ масел и смазок» в Санкт-Петербурге в компании BALTECH.

## КАЧЕСТВО МАСЛА. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ



Двигатели современных автомобилей испытывают высокие механические тепловые нагрузки, и поэтому к качеству смазочного масла предъявляются очень высокие требования. Качество масла можно определить, как комплекс свойств, который определяет степень пригодности масла для работы по назначению. Одни свойства масла, например вязкость, являются основными для всех масел, независимо от их назначения, а другие могут потребоваться только в определенных условиях применения. Поэтому данные свойства в каждом конкретном случае характеризуются отдельными показателями качества.

Чтобы упростить выбор масла необходимого качества для конкретного типа двигателя и условий эксплуатации, было разработано несколько систем классификации. В каждой из этих систем моторные масла подразделяются на ряды и категории по уровню качества и назначению. Так как существуют различия в конструкциях и условиях эксплуатации, то сейчас одновременно существует несколько систем классификации моторных масел - API / ILSAC, JASO, ACEA и ГОСТ (для стран СНГ).

Две из них наиболее распространенные - API (американский институт нефти) и ACEA (CCMC) (ассоциация европейских производителей).

По системе API (ASTM D 4485, SAE J183 APR96) установлены три эксплуатационные категории (три ряда) назначения и качества моторных масел.

- для бензиновых двигателей S:

SA, SB, SC, SD, SF - "устаревшие" классы. SG, SH, SJ - действующие классы.

- для дизельных двигателей легковых автомобилей, микроавтобусов, джипов и т.п. C:

CA, CB, CC, CD - устаревшие классы. CF - действующий класс, который является универсальным (с точки зрения API) для любых дизельных двигателей легковых автомобилей, микроавтобусов, джипов и т.п.

Таким образом, с точки зрения API, масла, имеющие спецификацию SJ/CF, являются универсальными и подходят для любых бензиновых и дизельных двигателей легковых автомобилей, микроавтобусов, джипов и т.п. (независимо от года выпуска), производители которых требуют применения масел, удовлетворяющих только лишь требованиям одного из классов по API.

- энергосберегающие масла EC:

SH/EC, SH/ECII - устаревшие классы. SJ/EC – действующий класс.

Следует отметить, что при определении категории качества масла по API определяющими являются следующие параметры:

- физико-химические и эксплуатационные показатели качества, прописанные в стандартах;
- тип двигателя;
- год выпуска;
- назначение масла;
- особенности режима работы двигателя и др.

По сравнению с API, в спецификации ACEA больше принимают во внимание конструктивные особенности европейских двигателей и режимы их эксплуатации в европейских условиях. Требования по данной спецификации по ряду тестов значительно превосходят требования по API.

В настоящий момент в спецификации ACEA моторные масла подразделяют на три класса:

**A** - класс масел для бензиновых двигателей;

**B** - класс масел для дизельных двигателей малой мощности, устанавливаемых на легковые и грузовые автомобили малой грузоподъемности;

**E** - класс масел для мощных дизельных двигателей.

Уровень качества масла и назначение в каждом классе обозначается цифрами. Дополнительно указывается ссылка на год утверждения или изменения спецификаций (например, ACEA E2-96 или ACEA E4-99).

Более подробно о данной и других видах классификации масел по качеству Вы можете узнать, посетив обучающий курс TOP-105 «Трибодиагностика. Анализ масел и смазок» в Санкт-Петербурге в компании VALTECH.

## ПРАВИЛА ПРОБООТБОРА МАСЕЛ И СМАЗОК

Выполнение правил отбора масел и смазок – залог достоверного и надежного анализа масел. Если пробоотбор выполнен неверно, то теряется смысл всей программы диагностики машинного оборудования по анализу масла, так как данный образец масла не будет отражать характеристик масла в целом, а, следовательно, и оборудования в целом.

Существует ряд нормативных документов, которые описывают правила пробоотбора масел и смазок, а именно:

- ГОСТ 2517-85 «Нефть и нефтепродукты. Методы отбора проб».
- ГОСТ Р 52659-2006 «Нефть и нефтепродукты. Методы ручного отбора проб». - ASTM D 4057-95.
- ГОСТ 6433.5-84 «Диэлектрики жидкие. Отбор проб» (соответствует IEC 60475 и ASTM D 923).



Также есть ряд руководящих документов для отдельных групп масел, например, РД 34.46.303-98 "Подготовка и проведение хроматографического анализа газов, растворенных в масле силовых трансформаторов» для трансформаторных масел. Но главное, что следует знать при пробоотборе масел и смазок – проба должна быть представительной. Это требование тем более важно, так как один небольшой образец характеризует большой объем масла.

Для обеспечения представительности пробы необходимо выполнять следующие правила пробоотбора масел и смазок:

- Пробоотбор масла следует выполнять каждый раз из одного и того же места (узла) двигателя /системы, машины/ как правило, на основной линии подачи масла после насоса и фильтра.
- Если машина не оборудована специальным отверстием, пробу масла следует отбирать через отверстие щупа для измерения уровня масла. При этом приемная трубка, через которую выполняется пробоотбор масла, должна быть опущена в масло, но не касаться дна картера во избежание попадания грязи и шлама. Желательно срезать нижний конец трубки под углом 45о.
- Пробоотбор следует выполнять из нормально работающей системы (или двигателя, работающего на холостом ходу), когда масло циркулирует в системе.



Это самые основные правила пробоотбора масла и смазок, которых следует придерживаться при отборе проб масла неважно для проведения последующего анализа его на месте или в специальной лаборатории.

Чтобы познакомиться с пробоотборными устройствами, применяемыми для анализа масла и смазок, получить конкретные рекомендации по отбору проб масла на отдельных видах оборудования, узнать технику пробоотбора в загрязненных условиях работы, а также научиться правильно составлять сопроводительную документацию к образцам масла, мы приглашаем Вас посетить обучающий курс TOP-105 «Трибодиагностика. Анализ масел и смазок» компании BALTECH.

## ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МАСЛА



Под химическим анализом масла, как правило, понимают не анализ состава масла, а определение нормируемых показателей масла методами аналитической химии. К таким показателям относятся определение кислотности и кислотного числа, общего щелочного числа и числа нейтрализации титрованием, соответственно по ГОСТ 5985-79, ГОСТ 30050-93 (ИСО 3771-77) и ГОСТ 11362-96 (ИСО 6619-88) или ГОСТ 29255-91 (ИСО 6618-87). Также к химическому анализу масла может быть отнесено определение наличия растворимых в воде кислот и щелочей

выполняется по ГОСТ 6307-75, путем экстракции их из масел водой или водным раствором спирта с последующим определением pH вытяжки.

Определение зольности выполняется по ГОСТ 1461-75 путем сжигания массы испытуемого нефтепродукта и прокаливания получившегося остатка до постоянной массы. Также гравиметрическим методом определяется количество сульфатной золы по ГОСТ 12417-94 (ИСО 3987-80).

Более сложным является химический анализ масла на содержание серы в нем,

выполняемый согласно ГОСТ 1431-85 путем сплавления масла с двуокисью марганца и безводного углекислого натрия с последующей обработкой полученного раствора сульфатов хромовокислым барием и определением серы косвенным йодометрическим титрованием.

Определение воды также выполняется методами традиционной аналитической химии по ГОСТ 2477-65. Все эти методы очень трудоемки и требуют наличия большой химико-аналитической лаборатории и квалифицированного персонала. Кроме того, для выполнения анализа на все ГОСТируемые показатели необходим большой объем анализируемого образца, что бывает не всегда возможно сделать, когда речь идет о постоянном контроле состояния масла. Поэтому при проведении постоянного мониторинга состояния масла предпочтительней становится не проведение химического анализа масла, а его экспресс-анализ, который часто основан на измерении изменения какой-либо его физико-химического показателя, например, диэлектрической проницаемости, как в анализаторе масла BALTECH OA-5000 и в минилаборатории для анализа масел и смазок BALTECH CSI 5200. Данное оборудование позволяет за несколько минут при



использовании минимального количества исследуемого образца определить состояние масла и смазываемого оборудования.

## НОВЫЙ УЧЕБНЫЙ КУРС TOP-105 «АНАЛИЗ МАСЕЛ И СМАЗОК. ПРАВИЛА СМАЗЫВАНИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ»

Аттестация и подготовка технических специалистов один из самых важных этапов повышения эффективности работы промышленных предприятий, а также снижение затрат на техническое обслуживание и повышения коэффициентов надежности технологического оборудования.

Компания «Балтех» разработала новый учебный курс TOP-105 «Анализ масел и смазок. Правила смазывания машин и механизмов». Подготовка и повышение квалификации специалистов по смазыванию и диагностическим службам промышленных предприятий по данному учебному курсу проводится в г. Санкт-Петербурге и с выездом на предприятие Заказчика, что более эффективно в случае необходимости обучения или переподготовки большого количества специалистов без отрыва от производства.



В последнее время все больше предприятий обращают внимание на эффективные принципы технического обслуживания своего технологического оборудования, стараясь переходить от планового обслуживания к обслуживанию по реальному техническому состоянию или проактивной методологии сервиса. Компания «Балтех» (г. Санкт-Петербург), реализуя свою новую концепцию «Технологии надежности» - Reliability technologies, предлагает широкий спектр решений, технологий и оборудования для диагностики состояния машинного оборудования. В последнее время все большую популярность приобретает использование трибологии и анализа масла для диагностики работающего оборудования. И это не случайно, поскольку масло, как кровь человека, «омывает» все узлы и части машины и, следовательно, регулярный анализ состояния смазочных материалов может определить зарождающиеся проблемы и дефекты, если они есть. Кроме основ диагностики смазочных материалов мы акцентируем внимание, что первичными и важными вопросами являются следующие правила:

- Качество новых масел и смазок (необходимо выбрать надежного поставщика и организовать входной контроль),
- Правила и способы смазывания (простые ручные, автоматические лубрикаторы или оптимальные стационарные последовательные или параллельные системы смазывания),
- Квалификация смазчиков (обучение по курсу [TOP-105](#)),
- Квалификация диагностов по анализу масел и смазок (аттестация и подготовка всех технических специалистов в компании «Балтех»),
- Утилизация отработанных смазочных материалов,
- Фильтрация, присадки и другие методы, улучшающие свойства масел и смазок,
- Правила пробоотбора и отбора масел,
- Правила и этапы анализа смазочных материалов,
- Правила документирования (составление отчетов по состоянию),
- Периодичность и план-график выполняемых работ,
- Поддержка базы данных (каталога отечественных и импортных смазочных материалов).

Два года назад компания «Балтех» разработала и предлагает для повышения квалификации обслуживающего персонала новый учебный курс TOP-105 «Анализ масел и смазок. Правила смазывания машин и механизмов». Программа данного учебного курса рассчитана на недельное (40 часовое) обучение по теоретическим основам и практическим решениям на базе минилабораторий серии «BALTECH OA» (OilAnalysis). На фотографии представлена одна из первых учебных групп, прошедшая подготовку в Санкт-Петербурге.

Данный курс рассчитан на механиков, инженеров, смазочников, т.е. людей ответственных за работу оборудования, в котором применяются жидкие и консистентные смазочные материалы. Курс построен таким образом, чтобы вспомнив уже известные законы науки о трении – трибологии, обобщив сведения о составе смазочных материалов, используемых в различных областях промышленности, плавно перейти к перечню основных свойств масел и методам их определения согласно требованиям ГОСТ и международным стандартам ASTM, ISO и др., представлены их достоинства и недостатки.



В рамках данного курса особое внимание слушателей будет обращено на свойства масел, которые существенно изменяются в процессе работы оборудования, и по изменению параметров которых возможно определить те или иные проблемы с машинами. На следующих курсах будет показано, как с помощью анализа масла провести диагностику оборудования, чтобы определить его износ на самой ранней стадии развития. Слушателям будут выданы таблицы по элементам износа и загрязнений, встречающихся в индустриальном оборудовании, которые они смогут использовать для построения программы обслуживания и диагностики по анализу масла на своих предприятиях.

Так как любая программа по анализу масла будет бесполезной, если мы не сможем получить представительную пробу, которая отражала бы состояние масла во всей системе, то большое внимание в программе курса уделено методам пробоотбора масел (маркировке по ГОСТ и транспортировке проб) и тому, как они влияют на результаты анализа. В ходе курса слушатели знакомятся с правилами общелабораторной практики пробоотбора, рассматривается различное пробоотборное оборудование, его преимущества и недостатки. Изучаются практические способы взятия проб через сливное отверстие, с помощью вакуумного насоса, через встраиваемый клапан, а также способ взятия пробы на участке с загрязненным воздухом рабочей зоны.

На учебном тренинге TOP-105 «Анализ масел и смазок. Правила смазывания машин и механизмов» особое внимание нами будет уделено специальному оборудованию и методикам для проведения анализа масла прямо на рабочем месте. Все изучаемое оборудование и методики предназначены для работы не химиков-аналитиков, а технического персонала сервисных подразделений предприятия (отделы главного механика, отделы главного энергетика, диагностические службы, прочие цеховые ремонтные подразделения).

Данный курс содержит не только теоретическую, но практическую часть, где слушателям будет предложено поработать на простейшем анализаторе масла **BALTECH OA-5000** и провести диагностику тестового оборудования с его помощью. Будут показаны возможности построения трендов (график изменения диэлектрической проницаемости во времени) по данным этого анализатора и их оценка, а также примеры диагностики двигателей по образцам капельной пробы масла.

Далее в ходе практических занятий, используя метод инфракрасной ИК-спектроскопии и анализатор BALTECH OA, слушатели смогут провести идентификацию предложенных образцов масла, чтобы определить с каким маслом они имеют дело (марку и тип), а также измерить его вязкость на вискозиметре, уточнить полученные результаты.

Кроме того, с помощью предложенной минилаборатории BALTECH OA-5100 мы сможем провести анализ химического состояния тестируемых проб масла по таким показателям, как вязкость, общее кислотное и общее щелочное число, окисление, нитрование и сульфирование, а также загрязнение масла водой, сажей, гликолем, другими маслами и содержание противоизносных и противоокислительных присадок.

Таким образом, после обучения по программе данного курса слушатели смогут настроить эффективную систему диагностики и технического обслуживания оборудования по анализу масла на своем предприятии, определить периодичность (частоту пробоотбора) и место отбора проб, перечень параметров для анализа конкретного типа оборудования, и, при необходимости, составить техническое задание на анализ масла при выполнении этого вида работ по аутсорсингу сторонней организацией (лабораторией). Кроме того, все обучающиеся самостоятельно смогут проводить анализ масла с помощью портативных минилабораторий серии «BALTECH AO», ИК-анализатора и вискозиметра из комплекта BALTECH OA-5100, а также выполнять экспресс-диагностику с помощью капельной пробы масла.

Начиная с 2015 года отдел технического сервиса компании «Балтех» предлагает новую услугу – экспресс-диагностика масел и смазок с выездом на промышленное предприятие.

## Выводы

Новые методы технической диагностики и мобильные программно-аппаратные комплексы помогают значительно снизить издержки производства. Обучение технических специалистов по направлениям трибодиагностики и правилам смазывания машин и механизмов позволяет повысить эффективность использования диагностической аппаратуры.

Трибодиагностика, не являясь новой наукой, много лет развивалась на теоретическом уровне во всех странах мира. Мобильные и портативные практические решения в виде программно-аппаратных комплексов в направлении анализа масел и трибодиагностики были разработаны несколько лет назад. Опыт применения данной аппаратуры только сейчас накапливается во многих развитых странах.

Компания «Балтех» помогает восполнить этот пробел на территории России и стран СНГ, т.к. одна из первых разработала учебный курс, начала поставлять аппаратуру и оказывать сервисные услуги в данном направлении. Приглашаем всех заинтересованных технических специалистов на учебный курс TOP-105 «Анализ масел и смазок. Правила смазывания машин и механизмов».

## ИЗМЕРЕНИЕ СВОБОДНОЙ ВОДЫ С ПОМОЩЬЮ ИК-АНАЛИЗАТОРА 1100



Сегодня измерение воды в рабочем масле стало проще. Разработано новое решение для количественного определения всей воды в масле (свободной и диспергированной) с помощью ИК анализатора 1100 из минилаборатории **BALTECH OA-5100**. Теперь с помощью данного прибора Вы можете измерять содержание воды в масле до 65000 ppm (6,5%).

Стандартно с помощью ИК спектроскопии возможно определение только растворенной воды до 1000 ppm (1%). Присутствующая в масле свободная вода не измеряется данным методом и пользователь может получить неверные данные о состоянии масла, поэтому необходимо использование трудоемкого и дорогостоящего метода титрования по методу Карла Фишера, что получить адекватное представление о наличии воды в рабочем масле. Как правило, данный анализ занимает около 20 минут (при наличии автоматического титратора), требуется дорогостоящий реактив и специалист химик для выполнения данного исследования.

Сегодня мы можем предложить Вам новое решение, которое может стать альтернативой титрованию по методу Карла Фишера и позволит Вам получить полные количественные данные за 2 минуты. Для этого необходимо хорошо перемешать образец масла с помощью специального гомогенизатора в течение 30 секунд и поместить полученную пробу в ИК анализатор 1100 с установленным новым программным обеспечением версии 3.4.13 или выше и обновленными калибровками с возможностью измерения полной воды (в таблице 1 показаны типы масел, для которых доступна данная опция). Анализ может выполнять любым техником или механиком на заводе и для этого не требуются дополнительные реактивы.

Таблица 1

Категория масла	Возможность измерения свободной воды
Компрессорное	√
Моторное	×
Редукторное	√
Гидравлическое	√

Насосное	√
Гидравлическое авиа	×
Трансмиссионное	√
Турбинное авиа	√
Турбинное пар	√

Кроме того, мы увеличили базу данных масел еще на 20 марок, и теперь полная база откалиброванных масел для ИК анализатор Q1100 содержит 545 марок масел.