

Доклад  
**Новые технологии очистки и регенерации энергетических масел.**  
Шуварин Дмитрий Викторович, ООО «НПП Технобиор»,  
главный специалист.

Отработанные турбинные и трансформаторные масла являются канцерогенными продуктами, способными оказать негативное влияние на окружающую среду и здоровье человека [1, 2]. Поэтому в основных нормативных документах регламентированы требования к замене и сбору отработанных масел на энергетических предприятиях. Отработанные масла подлежат обязательной утилизации [1, 3-6].

Утилизация отработанных масел может быть осуществлена несколькими способами (Рис.1).



Рис.1 Технологический цикл энергетического масла и основные способы утилизации.

Наиболее перспективным и актуальным в настоящее время способом утилизации отработанных масел на энергетических предприятиях является их регенерация с целью многократного применения по прямому назначению [1, 2, 6, 10]. Применение современных малоотходных технологий регенерации отработанных масел позволяет существенно уменьшить количество отходов, снизить негативное воздействие на окружающую среду, увеличить срок службы масел в оборудовании, повысить надежность эксплуатации и уменьшить расходы на замену отработанных масел свежими [2, 6-9, 10].

В соответствии с требованиями действующих НТД регенерация масла - это технологический процесс, предусматривающий селективное удаление из масла продуктов

старения и загрязнения и последующую стабилизацию присадками с целью восстановления качества масла отработанного или некондиционного, для его повторного применения по прямому назначению в соответствии с требованиями, предъявляемыми к регенерированному маслу действующими стандартами (нормативными документами) [1, 3-5].

Технология регенерации должна обеспечить удаление из масла следующих нежелательных компонентов:

- Механические примеси (твердые частицы различной природы и волокна).
- Масляный шлам (потенциальные осадки).
- Вода (дисперсная и растворенная).
- Газы (воздух и газообразные продукты разложения масел).
- Кислоты (низко и высоко молекулярные).
- Смоло-асфальтовые вещества.
- Металлорганические соединения (мыла).
- Полиароматические соединения.
- Непредельные углеводороды.
- Остатки присадок и продукты их функционального действия.
- Продукты разложения масла (под воздействием высоких температур, электрических разрядов, кавитации).
- Различные гетероатомные углеводородные соединения.

Поэтому очевидно, что процесс регенерации отработанного масла должен включать в себя стадию очистки от загрязнения, селективное удаление продуктов старения и стабилизацию присадками (как финишную стадию регенерации). Это очень важно! Термины «очистка» и «регенерация» очень часто искусственно подменяются, наиболее вероятно в силу экономических причин. И многие «специалисты» простую очистку от загрязнения считают регенерацией. Опасное заблуждение! Без операций удаления канцерогенных продуктов старения масла и стабилизации базового регенерированного масла с помощью присадок регенерация в соответствии с требованиям действующих НТД не возможна! [6, 7]. Стабилизация масел присадками без знания химии присадок и химмотологии, а также специфичных особенностей их применения в различных композициях определяет значительный риск. Можно не добиться желаемого результата по восстановлению качества масла и нанести ущерб оборудованию за счет инициализации образования осадков в маслосистеме. Особенно это актуально для применения регенерированных турбинных масел, если при использовании они будут смешиваться с другими маслами различных изготовителей (совместимость масел) и заливаться в неподготовленные грязные маслосистемы.

В действующих документах по эксплуатации масляных хозяйств и масел в оборудовании электрических станций и сетей даются очень четкие критерии применения очистки или регенерации [1, 3-5].

Область применения регенерации можно определить следующим образом:

- Очистка масла в работающих агрегатах (паровые и газовые турбины, гидроагрегаты) и мощных насосах.
- Очистка и регенерация масла при ремонте оборудования (электротехнического, тепломеханического, гидромеханического).

- Регенерация масла на масляных хозяйствах.
- Очистка и регенерация промывочного турбинного или трансформаторного масла.

Наиболее надежно выполнять регенерацию отработанных масел слитых из оборудования в резервуары масляных хозяйств. Это позволяет с помощью оборудования для регенерации масел даже невысокой производительности (0,5-1,5 м<sup>3</sup>/ч) создать необходимый запас подготовленного к заливу масла для обеспечения замены отработанного масла в период проведения плановых ремонтов маслonaполненного энергетического оборудования.

Известно достаточно много различных технологий и способов очистки или регенерации трансформаторных и турбинных масел. Главным при регенерации будет являться экологический и экономический аспект. Технология регенерации должна быть не только эффективной и экономически выгодной, но и малоотходной! В Таблице 1 приведен сравнительный табличный анализ различных технологий по эффективности очистки масел в соответствии с требованиями действующих НТД.

Таблица 1

Эффективность различных технологий по очистки масел от основных загрязнений

Наименование технологии очистки	Эффективность очистки масла от загрязнения				Наличие расходных материалов
	Твердые частицы	Вода (дисперсная и растворенная)	Масляный шлам и продукты старения	Газы (растворенные в масле)	
1. Отстой	Удаляет частично	Удаляет частично	Не удаляет	Не удаляет	Отсутствуют
2. Фильтрация на сетках	Удаляет частично	Не удаляет	Не удаляет	Не удаляет	Отсутствуют
3. Центробежная сепарация	Удаляет частично	Удаляет частично	Не удаляет	Не удаляет	Отсутствуют
4. Вакуумное испарение	Не удаляет	Удаляет	Не удаляет	Удаляет	Отсутствуют
5. Электрофизическая очистка	Удаляет	Не удаляет	Удаляет частично	Не удаляет	Отсутствуют
6. Объемная фильтрация	Удаляет	Не удаляет	Удаляет частично	Не удаляет	Присутствуют
7. Адсорбционная очистка	Не удаляет	Удаляет	Удаляет	Не удаляет	Присутствуют

На основании результатов обследования энергетических предприятий и анализа действующих НТД можно сделать вывод, что наибольшей эффективностью и экономичностью обладает оборудование комбинированного типа, в котором используют комбинированную технологию, включающую предварительную грубую очистку от механических примесей, вакуумную осушку (дегазацию) и градиентную объемную фильтрацию или электрофизическую очистку, способного обеспечить очистку масел в полном соответствии с требованиями действующих НТД [8-10].

Экономичность применения современных фильтров тонкой очистки зависит от исходного уровня загрязнения трансформаторных и турбинных масел, их применение рекомендуется при очистке масел с невысоким начальным уровнем загрязнения, или после предварительной грубой очистки (отстой, центробежная сепарация, грубая фильтрация (сетки, щелевые фильтры и др.)).

Возникает вопрос - есть ли техническая возможность сделать адсорбционную очистку малоотходной, без применения дорогостоящих сорбентов, как расходного материала. Ответ – да! Для этих целей необходимо использовать современные синтетические алюмосиликатные адсорбенты, которые обладают высокой механической прочностью и устойчивостью к воздействию высоких температур. Это позволит селективно удалить нежелательные компоненты из отработанного масла, а затем с помощью контролируемого высокотемпературного окисления восстановить сорбционные свойства и использовать адсорбент многократно. Опыт регенерации масел позволяет утверждать о наличии таких сорбентов, не только зарубежного, но и отечественного производства. Такие сорбенты применялись в нефтепереработке как катализаторы, но на предприятиях электроэнергетики не использовались. На рис. 2 приведена схема адсорбера, которая была разработана специалистами Фирмы ОРГРЭС лет так 50 тому назад, но с применением новых сорбентов позволяет сделать процесс регенерации масел эффективным, экономически выгодным и малоотходным.

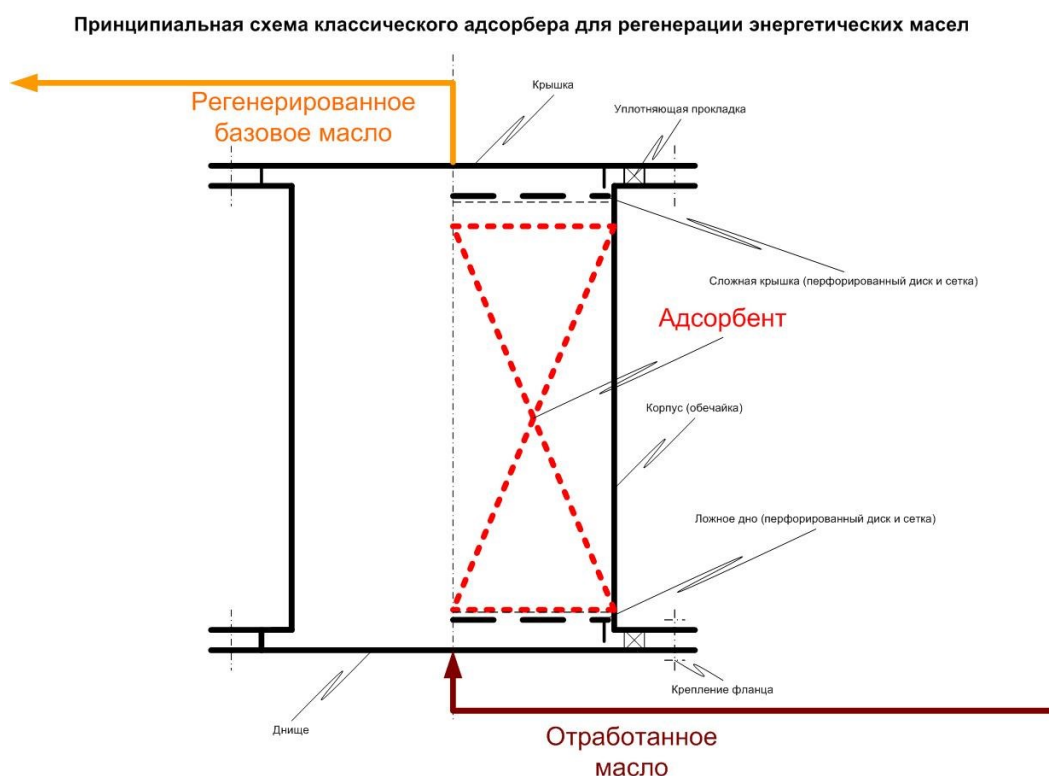


Рис. 2 Принципиальная схема адсорбера

Представляет несомненный интерес малоотходная технология регенерации энергетических масел, которая в настоящее время разработана ООО «Микронинтер» совместно с РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина и прошла испытания на энергетических предприятиях [9, 10]. На рис. 3 показана установка МЭФО-200 ООО «Микронинтер» (электрофизическая очистка и вакуумная осушка), в процессе очистки турбинного масла на работающем турбоагрегате АЭС.



Рис. 3 Установка МЭФО-200 ООО «Микронинтер» в процессе очистки турбинного масла.

МЭФО-200 обладает высоким уровнем автоматизации, что позволяет сделать процесс регенерации отработанного масла «квазинепрерывным» и эксплуатировать установку без вмешательства оператора в течение продолжительного времени, которое определяется начальным уровнем загрязнения и старения масла. Сделать процесс «квазинепрерывным» позволяет система встроенного контроля основных показателей качества масла (активность воды, класс промышленной чистоты, удельное электрическое сопротивление).

На рис. 4 приведен внешний вид датчиков встроенного контроля качества (ДВК) масла. Очень интересно развитие ДВК в плане определения коэффициента Вермана, диаграмма состояния трансформаторного масла приведена на рис. 5

Основные технические характеристики МЭФО-200 приведены в Таблице 2.

Следует обратить внимание, что регенерация масла при ремонте энергетического оборудования способна не только восстановить качество отработанного или эксплуатационного масла, но способствует очистке маслосистемы (в том числе частичному восстановлению характеристик твердой изоляции электрооборудования), позволяет оперативно устранить «залповые» загрязнения водой, шламом и механическими примесями при пуске оборудования, контролировать эффективность промывки в режиме реального времени, без отбора проб масла, предотвратить необходимость его замены [9, 10].



Рис 4 Внешний вид датчиков встроенного контроля качества масла.

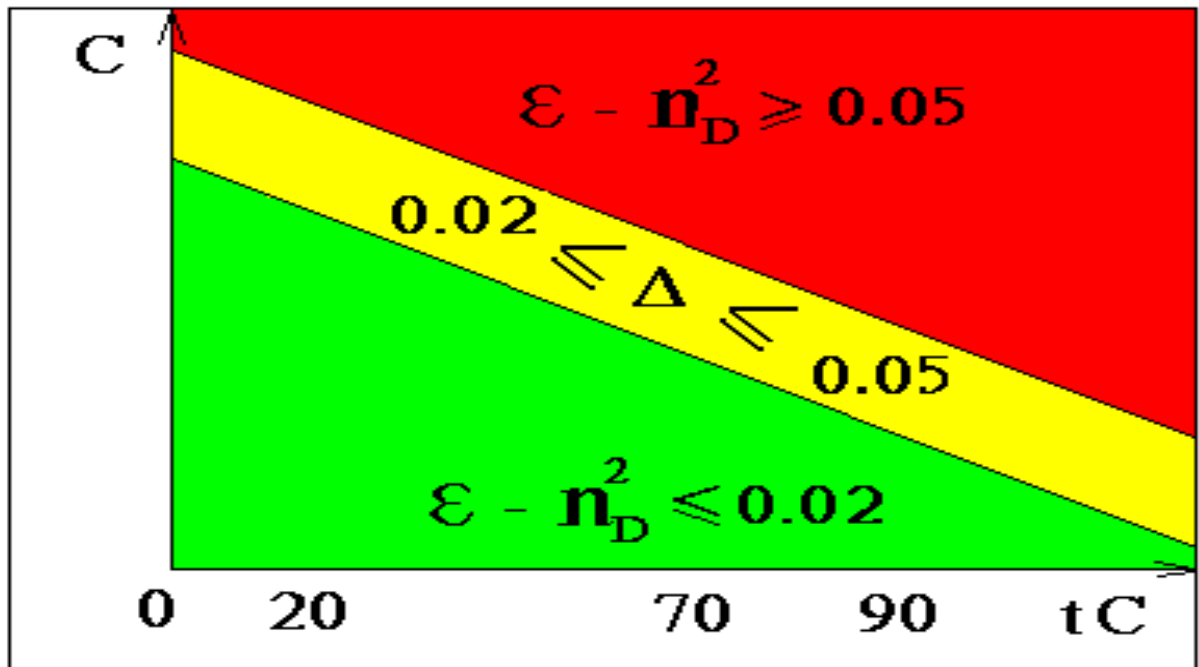


Рис 5 Диаграмма состояния трансформаторного масла по коэффициенту Вермана.

Таблица 2

Параметр	Размерность	Значение
Назначение: очистка от механических примесей и воды трансформаторных, турбинных, промышленных, гидравлических масел (свежих и эксплуатационных для подготовки к заливу, восстановление качества отработанных масел)		
Производительность, не менее	м <sup>3</sup> /ч	2
Габаритные размеры	м	1,1 x 1,5 x 1,8
Масса не более	кг	500
Электропитание: Напряжение Мощность	В кВт	380 10
Содержание воды в масле после очистки по ГОСТ Р МЭК 60814 - турбинного масла - трансформаторного масла	%	не более 0,03 0,001
Класс промышленной чистоты масла после очистки по ГОСТ 17216	класс	не более 8
Время непрерывной работы без вмешательства оператора, обслуживающего маслоочистительную установку	час / сутки	24/ круглосуточно
Управление	автоматическое	
Периодичность обслуживания	по мере накопления загрязнений	

Важным при заливке регенерированного масла в оборудование является обеспечение необходимого уровня промышленной чистоты маслосистемы. Специалистами ОАО «Фирмы ОРГРЭС» разработана в 2001 г технологии химических очисток маслосистем оборудования и маслоохладителей с использованием пожаробезопасных водных растворов биологически разлагаемых технических моющих средств (ТМС) производства НПП «Технобиор».

ТМС имеют следующие преимущества перед традиционными реагентами:

- высокая степень очистки поверхностей от сложных и трудноудаляемых отложений;
- наличие непосредственно в исходном продукте ингибиторов коррозии и стимуляторов удаления загрязнений, что упрощает процесс приготовления промывочных растворов;
- пожарная и промышленная безопасность;
- поставка ТМС производится в надежной и удобной таре.

Фирма ОРГРЭС совместно с НПП Технобиор в 2000 г. разработала и впервые применила на ТЭЦ-22 Мосэнерго технологию промывки маслосистем турбоагрегатов от шлама водными растворами щелочных ТМС (ТМС ЛН ТУ 2383-001-56478541-01). За внедрение данной технологии на электрических станциях Фирма ОРГРЭС в 2005 г. была награждена Почетным дипломом РАО «ЕЭС России» именно в области экологии. Данная технология освоена и применяется на многих предприятиях.

Одним из важных преимуществ ТМС является простота обезвреживания отработанных растворов из-за наличия в их составе ПАВ, обладающих свойствами биологической деградации. Промывочные воды очищаются в течение 18-20 суток, что особенно важно для объектов, не имеющих специальных систем нейтрализации.

Для электрических сетей представляет интерес применение ТМС для следующих целей:

- промывка гравийной отсыпки под маслonaполненным электрооборудованием;
- промывка радиаторов систем охлаждения от загрязнений;
- промывка (обезжиривание) узлов электрооборудования перед проведением огневых работ или для снятия консервирующих составов;
- удаление протечек масел с промышленных площадок.

Интересным для энергетических предприятий будет применение нетканых сорбционных материалов многократного применения для сбора протечек масла на промышленных площадках и оборудовании, что позволяет значительно уменьшить количество загрязненных нефтепродуктами отходов (ветошь, опилки, песок), которые требуют утилизации.

Надежная и безопасная эксплуатация маслосистем энергетического оборудования - это сложный технологический процесс, включающий в качестве важнейших следующие элементы [8-10]:

- выбор производителя и типа высококачественного энергетического масла, отвечающего требованиям изготовителя соответствующего оборудования, применение масел, совместимых при смешении;
- эффективный входной и эксплуатационный контроль важнейших показателей качества применяемых масел, обеспечение необходимых нормативных и метрологических требований;
- систематическую, высокоэффективную очистку масла от воды и механических примесей до нормируемых показателей;
- регенерацию отработанных масел;
- модернизацию устаревших технологических схем масляных хозяйств и замену морально устаревшего и физически изношенного оборудования;
- подготовку маслосистем энергетического оборудования перед заливом масла после монтажа или ремонта.

Специалисты НПП Технобиор обладают богатым производственным опытом, позволяющим повысить культуру и надежность эксплуатации масел в оборудовании и обеспечить необходимые экологические требования. Мы всегда рады помочь в решении вопросов охраны окружающей среды и внедрении современных технологий.

Литература и документы:

[1] СО 153-34.20.501-2003 Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. Утверждены приказом Минэнерго РФ от 19.06.2003 № 229. Зарегистрированы в Минюсте РФ 20.06.2003, регистрационный № 4799.

[2] Евдокимов А.Ю., Любинин И.А., Фукс И.Г. Смазочные материалы в техносфере и биосфере. Экологический аспект. Киев: Атика-Н, 2012.-290 с.

[3] СТО 70238424.27.100.053-2013. Энергетические масла и маслохозяйства электрических станций и сетей. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования. Введ. 2013-02-12.-М.: НП «ИНВЭЛ», 2013. – 179 с.



[4] РД ЭО 1.1.2.05.0444-2016. Требования к эксплуатации, организации проведению испытаний трансформаторных и турбинных масел на атомных станциях. Введ. 2016-11-14. – М.: АО «Концерн Росэнергоатом», 2016.– 336 с.

[5] СТО 02.01.112-2015. Гидроэлектростанции. Энергетические масла и маслохозяйства. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования. Введ. 2015-03-17.- М.: ПАО «РусГидро», 2015.-107 с.

[6] Пособие для изучения Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей. Раздел 5. Электротехническое оборудование. Часть 2, глава 5.14 Энергетические масла.– М.: ОРГРЭС, 2005.– с. 240–285.

[7] Спиркин В.Г., Фукс И.Г., Татур И.Р., Шуварин Д.В. и др. Химмотология. Свойства и применение топлив, смазочных и специальных материалов. Часть II. Свойства и применение смазочных и специальных материалов. Уч. пособие (Под ред. В.Г. Спиркина, В.Л. Лашхи). Москва: Изд. центр РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина, 2014.-271 с.

[8] Программа мероприятий, направленных на повышение уровня эксплуатации, совершенствования методов испытаний и контроля качества турбинных и трансформаторных масел, применяемых на АЭС / Сборник докладов 8-й международной научно-технической конференции «Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетике»/ В. А. Гашенко, Л. А. Галимова, Д. В. Курганов, Д. В. Шуварин – М.: 2012.

[9] Д.В. Шуварин, Энергетические масла. Актуальные вопросы применения и контроля качества. М. Энергетик, 2013, № 4.- с.10 -14.

[10] Новые технологии очистки и регенерации энергетических масел / Сборник докладов научно-практической конференции «Экологическая безопасность энергетики: опыт, проблемы, инновационные решения»/ Д. В. Шуварин – М., НП «Московский учебный центр ЕЭС»,: 2015 – с. 49-57.