

УДК 620.9

*Новоселова Мария Александровна, магистрант кафедры экологии,
природопользования и биологии, ФГБОУ ВО Омский ГАУ*

*Власова Елена Васильевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры
экологии, природопользования и биологии, ФГБОУ ВО Омский ГАУ*

РЕЦИКЛИНГ ОТРАБОТАННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАСЕЛ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ

Аннотация: рассмотрена проблема утилизации и негативного воздействия на окружающую среду отработанных трансформаторных масел, исследован адсорбционный метод регенерации с применением газообразного аммиака. Кроме того, приведены результаты экспериментальных данных, полученных в результате исследования.

Ключевые слова: энергетические масла, отработанное трансформаторное масло, регенерация.

Annotation: The problem of utilization and the negative impact on the environment of used transformer oils is considered, the adsorption method of regeneration using gaseous ammonia is investigated. In addition, the results of experimental data obtained because of the study.

Key words: energy oils, used transformer oil, regeneration.

На данном этапе жизни важной отраслью промышленности является энергетика. Энергетическая система включает в себя совокупность топливно-энергетических комплексов, электроэнергетики, атомные и гидроэлектростанции, в которую входит электрическое оборудование, заполненное трансформаторным маслом. Трансформаторное масло является изолирующим, дугогасящим и охлаждающим материалом в различной

аппаратуре высокого напряжения. От качества масла, его физико-химических, эксплуатационных свойств зависит надежность электроснабжения потребителей.

По данным Росстат выработка электроэнергии в 2019 году составила 1118 млрд кВт*ч, увеличившись на 0,3% или 3 млрд кВт*ч. Четвёртый год подряд обновляется исторический максимум, из этого следует, что ежегодно увеличивается объем потребления энергетических масел, и как следствие растет количество непригодных для дальнейшего использования масел.

Средний срок эксплуатации трансформаторных масел составляет приблизительно 30-40 лет, после чего, за счет термического разложения и окисления накапливаются продукты старения. В результате этих процессов образуются: асфальто-смолистые соединения, различные соли, частицы металлов и окислов, а также кислоты и поверхностно-активные вещества.

Масла перестают отвечать требованиям к химической чистоте и физико-химическим показателям предусмотренными нормативно технической документации.

После чего подлежат замене и дальнейшей утилизации.

Объекты энергетики, представляют источники неизбежного, потенциального и до настоящего времени количественно не учитываемого риска для окружающей среды и здоровья человека.

Отработанные масла содержат много вредных веществ, которые обладают, как канцерогенными, так и мутагенными свойствами. Наиболее опасные: диоксины и полихлордифенилы, а также фурановые производные, бенз(а)пирен и многие другие, которые вызывают сдвиг экологического равновесия, для человека это опасно хроническими заболеваниями органов дыхания и злокачественными образованиями [1].

Поэтому проблема утилизации отработанных масел является острой и актуальной не только для энергетических предприятий, но и для человечества в целом.

Сбор и регенерацию отработанных масел ведут практически во всех промышленно развитых странах и в большинстве развивающихся стран.

Передовыми в этом отношении являются Нидерланды и Германия, в которых регенерация составляет соответственно 45 % и 30 % от потребления. В Германии в материальном выражении эта величина составляет 360 тыс. т в год. Во Франции ежегодно регенерируется 230 тыс. т отработанных масел, или 25 % от потребления, в Великобритании 18 %, в Бельгии около 12 %. В России ежегодно образуется свыше 4 млн т отработанных масел, порядка 30% отработанных масел сбрасывается в литосферу, гидросферу, около 50% собирается: из них лишь 15% идет на переработку, а остальное сжигается в виде топлива.

Только правильно организованный сбор и утилизация с помощью регенерации отработанных энергетических масел поможет снизить негативное воздействие на биосферу, жизнь и здоровье населения планеты.

Целью всех методов регенерации является повышение свойства химической чистоты масла.

Для этого необходимо решить следующие задачи:

1. Сушка трансформаторного масла (удаление влаги);
2. Дегазация трансформаторного масла (удаление растворенных углеродородных газов);
3. Увеличение электрической прочности;
4. Удаление механических примесей;
5. Стабилизация масла антиокислительной присадкой.

Известно достаточно много различных технологий и способов очистки или регенерации энергетических масел.

Технология регенерации должна быть не только эффективной и экономически выгодной, но и малоотходной.

Главными при регенерации являются экологический и экономический аспект.

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 очистке 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 | Удаляет частично | Присутствуют |

На основании результатов исследований энергетических предприятий и анализа, действующих НТД можно сделать вывод, что наибольшей эффективностью обладает адсорбционная очистка.

Адсорбционная очистка может осуществляться одним из трёх способов:

1. Перколяционный - отработанное масло фильтруется через слой зерненного адсорбента (чаще всего, силикагеля), загруженного в вертикальный цилиндрический сосуд, при этом осуществляется подогрев масла до температуры 60-70°C.

2. Контактный - восстанавливаемое масло при 70-75°C контактирует (перемешивается) с порошкообразным адсорбентом в течение определённого времени, а затем освобождается от адсорбента на фильтре-прессе. Мелкая фракция адсорбента и температура обеспечивают достаточно высокую скорость

массообмена, и очистка масла проходит быстро. К недостаткам контактной очистки следует отнести необходимость утилизации большого количества адсорбента, загрязняющего окружающую среду [3].

3. Методом противотока - масло и адсорбент движутся навстречу друг другу. Наиболее перспективным методом является адсорбционная очистка масла в движущемся слое адсорбента, при котором процесс протекает непрерывно, без остановки для периодической замены, регенерации или фильтрования адсорбента, однако, применение этого метода связано с использованием довольно сложного оборудования.

Перкаляционный метод восстановления трансформаторного масла, является наиболее предпочтительным, за счет простоты проведения процесса.

На рисунке 1 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.

Единственным минусом данного метода является применение дорогостоящего синтетического сорбента (силикагеля).

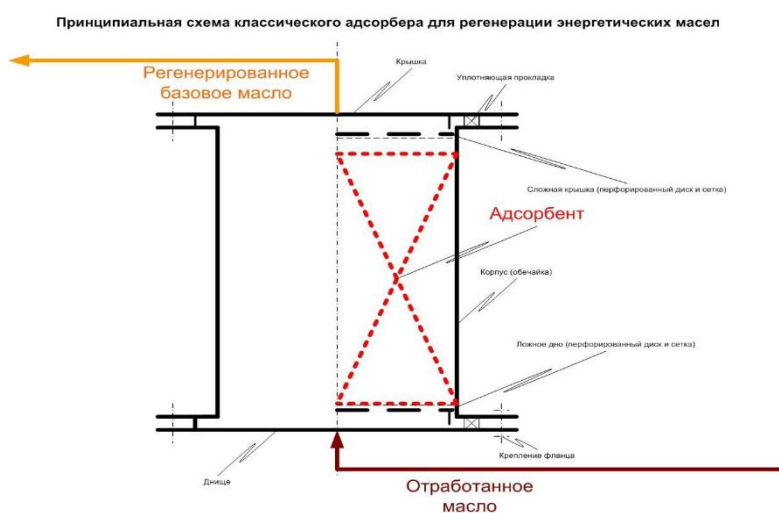


Рисунок № 1. Схема адсорбера

Для сокращения расхода силикагеля и улучшения восстанавливающей способности, отработанного в качестве эксперимента, применили методику активации адсорбента газообразным аммиаком.

Для этой цели используют аммиак в баллонах. Давление в баллоне напрямую зависит от температуры окружающей среды. Она не должна превышать 35°C. Пользуясь методикой, разработанной во всесоюзной конторе «Реготмас» Восстановление масел, активированным аммиаком проводят следующим образом:

Необходимо проверить остаточное влагосодержание силикагеля, которое должно быть не более 0,5%, т.к. непросушенный адсорбент при активации аммиаком вызывает сильный разогрев. Загрузить его в адсорбер. Подсоединить баллон с аммиаком к адсорберу через редуктор к одному из патрубков осушительного адсорбера, второй патрубок соединить с нижним патрубком для очистки масла.

При подаче аммиака в адсорбер верхний воздушный кран открывают для того, чтобы выпустить воздух, находящийся в адсорбере. Когда аммиак появится в верхнем кране, кран закрывают и продолжают насыщать адсорбент при следующих условия: давление 0,2-0,4 атм, время 10-15 мин. Для выпуска избыточного аммиака в атмосферу после окончания активации открывают верхний воздушный кран. Далее впускают в адсорбер масло [2].

При очистке масла с применением перколяционного фильтрования через зернистые адсорбенты, важнейшим условием получения качественного регенерированного масла по всем физико-химическим показателям, является использование последовательно подключенных адсорберов, заряженных по ходу поступления масла адсорбентами - активированным аммиаком и не активированным.

Например, при использовании двух адсорберов в первом адсорбент насыщается аммиаком, а второй заряжается не активированным. Затем, когда активность снижается, адсорбент во втором адсорбере (после спуска масла) насыщается газообразным аммиаком, а в первом отработанный адсорбент

заменяется свежим. Масла в этом случае пропускают через адсорбер в обратном направлении. Это дополнительно снижает расход адсорбентов, а также адсорбент в первом (по ходу масла) адсорбере используется как «носитель» газообразного аммиака.

При проведении эксперимента использовали: отработанное трансформаторное масло марки ТКп, силикагель марки КСКГ, газообразный аммиак в баллонах по ГОСТ 12.1.004.

Эксперимент проводился двумя способами активированным и не активированным силикагелем.

Таблица № 2. Показатели регенерации отработанного масла

| № | Наименование показателя | Исходное отработанное масло | Регенерированное без обработки адсорбента 3% масс. | Регенерированное с обработкой адсорбента 3% масс. | Свежее по ТУ <u>38.401.5849-92</u> |
|---|---|-----------------------------|--|---|------------------------------------|
| 1 | Вязкость кинематическая при 50.°С мм ² /с | 9,5 | 9 | 9 | 9 |
| 2 | Кислотное число, мг КОН/г, не более | 0,26 | 0,037 | 0,016 | 0,02 |
| 3 | Температура вспышки в закрытом тигле, не ниже | 136 | 137 | 138 | 135 |
| 4 | Содержание водорастворимых кислот и щелочей | 0,026 | отсутствие | отсутствие | отсутствие |
| 5 | Стабильность, показатели после окисления, не более осадок летучие | 0,095 | 0,002 | 0,0024 | 0,01 |
| | низкомолекулярные кислоты мг КОН/г | 0,08 | 0,002 | 0,002 | 0,005 |
| | кислотное число мг КОН/г | 0,77 | 0,09 | 0,06 | 0,1 |
| 6 | Плотность при 20°С, кг/м ³ , не более | - | 895 | 895 | 895 |

| | | | | | |
|---|---|---|------|------|-----|
| 7 | Тангенс угла диэлектрических потерь при 90°С, %, не более | 8 | 0,37 | 0,25 | 2,2 |
|---|---|---|------|------|-----|

Для оптимальной температуры регенерации провели ряд экспериментов при одном и том же соотношении сорбент: масло. Более интенсивное снижение кислотного числа осуществляется при 70-80°С, расход адсорбента активированным газообразным аммиаком составил 3% масс, от количества регенерируемого масла, в то время как не активированного адсорбента потребовалось 5% масс. Тангенс угла диэлектрических потерь также снизился и отвечает требованиям НТД. Активация сорбентов газообразным аммиаком целесообразна для уменьшения количества отходов и улучшения восстановительной способности.

В процессе регенерации вместе с продуктами старения из масла удаляется антиокислительная присадка. Исследование показало, что при введении присадки ионол, обеспечивается полное восстановление стабильности масел до норм ГОСТ 982-68 на свежие масла и ТУ на свежее трансформаторное масло марки ТКп. Оптимальная концентрация его для введения 0,2—0,4% масс. После чего качество отработанного масла после регенерации восстановлено до показателей, соответствующих нормам на свежее масло. Стоит учитывать и тот факт, что оптимальные условия регенерации должны подбираться в зависимости от степени старения отработанного масла. Тем самым выгоды данного метода очевидны:

- Простота организации процесса;
- При многократном применении сорбента - экономически выгоден;
- Снижение % масс, объема сорбента за счет обработки газообразным аммиаком;
- Химические свойства качества регенерированного масла соответствуют для использования его как вторичное сырье, по прямому назначению;

- Сокращение отходов, загрязняющих окружающую среду.
-

Библиографический список:

1. Брай И. В., Регенерация трансформаторных масел / И.В. Брай // Издание 2-е, переработанное и дополненное - М.: Химия, 2002 - 168 с.
2. Р.А. Липштейн, М.И. Шахнович, Трансформаторное масло «ЭНЕРГИЯ» / Р.А. Липштейн // Москва 6-ое переработанное издание, 2009-352 с.
3. Сапожникова, В.А. Экологически безопасное обращение с отходами на предприятии / В.А. Сапожникова // Промышленная безопасность. Энергетика. Экология. – 2005. - Прил. к № 4. – С. 71-80.
4. СТО 70238424.27.100.053-2013 Энергетические масла и маслохозяйства электрических станций и сетей организация эксплуатации и технического обслуживания, нормы и требования. Дата введения - 2013-02-28 Москва 2013.