

Д.Т. ЮСУПОВ, м.н.с.
(ООО «Научно-технический центр» АО «Узбекэнерго»)
Научный руководитель Т.П. САЛИХОВ, д.т.н, проф.
г. Ташкент

**РЕГЕНЕРАЦИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ АДСОРБЕНТОВ
И КЕРАМИЧЕСКОЙ МЕМБРАНЫ**

Регенерация отработанного трансформаторного масла – один из наиболее эффективных способов организации его повторного использования. Поэтому широкое развитие и внедрение эффективных технологий регенерации отработанного трансформаторного масла является важным элементом программы энергоресурсосбережения.

Для регенерации трансформаторных масел применяются различные методы. Адсорбционный метод [1-2], суть которого заключается в поглощении, также является одним из известных и перспективных методов регенерации трансформаторного масла. В качестве адсорбентов для регенерации трансформаторных масел могут применяться силикагель, окись алюминия, бокситы, бентониты, цеолиты и отбеливающие глины различных месторождений.

Целью работы является исследование эффективности очистки трансформаторного масла с использованием силикагеля, бентонита, цеолита и керамической мембранны.

Авторами данной работы были разработаны керамические мембранны по многослойной технологии со средней пористостью 3 мкм для удаления от механических примесей [3].

В таблице 1 приведены электрофизические свойства отработанного трансформаторного масла для проведения эксперимента, которое было взято с силового трансформатора, работающего с 1975 года в энергетическом объекте.

Таблица 1.

Электрофизические свойства отработанного масла

№	Электрофизические свойства масла	Показатели отработанного масла
1.	Электрическая прочность	25,3 кВ
2.	Содержание воды	Присутствует
3.	Механические примеси	Присутствует
4.	Содержание взвешенного угля	Присутствует
5.	Цвет	Коричневый
6.	Содержание органических кислот (в мг КОН на 1 г масла)	0,030

7.	Температура вспышки	147°C
8.	Тангенс угла δ при 20°C	2,14%
	Тангенс угла δ при 70°C	5,23%
	Тангенс угла δ при 90°C	12,5%

Эксперимент осуществлялся по схеме, приведенной в работе [4]. Нагретое до 70°C отработанное трансформаторное масло подаётся в бокс с адсорбентами (силикагель, бентонит, цеолит), в котором масло подвергается перколяционному воздействию и поступает в блок керамической мембранны. При необходимости масло обезгаживается вакуумированием и направляется на второй цикл очистки – в бокс с адсорбентами. Многократная циркуляция масла позволяет добиться необходимого уровня очистки.

Силикагель в сочетании керамической мембрани.

Отработанное масло при температуре 70°C были пропущены через силикагель для удаления различных химических веществ. После адсорбента масло фильтровалось через керамические мембранны.

Анализ масла показал его высокие диэлектрические свойства, однако наличие остаточной эмульгированной воды не позволило достичь требуемого уровня электрической прочности образцов. Наличие остаточной воды обнаружено в результате исследований на лазерном анализаторе распределения частиц по размерам.

Силикагель и бентонит в сочетании керамической мембрани.

Эксперименты по обработке трансформаторного масла местными бентонитами были проведены в связи с необходимостью снижения содержания эмульгированной воды в масле. После бентонита масло очищалось керамическими мембранными и пропускалось через силикагель. Местные бентониты не отличаются высокой адсорбционной активностью, однако ожидалось, что проявится их способность поглощать влагу. Анализ масла показал высокие диэлектрические свойства.

Силикагель и цеолит в сочетании керамической мембрани.

Одна проба того же отработанного трансформаторного масла была подвергнута регенерации цеолитом в сочетании с силикагелем и керамическими мембранными. Ожидалось, что цеолит значительно активнее справится с остаточной водой. Анализ масла также показал высокие диэлектрические свойства.

В таблице 2 показаны электрофизические параметры очищенного трансформаторного масла. Очищенное масло полностью соответствует требованиям ГОСТ 6370-83 [5].

Таблица 2.
Электрофизические свойства очищенного масла

№	Электрофизические свойства масла	Очистка масла		
		силикагель + керамическая мембрана	силикагель + бентонит + керамическая мембрана	силикагель + цеолит + керамическая мембрана
1.	Электрическая прочность	51 кВ (Норма 60 кВ)	60 кВ (Норма 60 кВ)	60 кВ (Норма 60 кВ)
2.	Содержание воды	Присутствует	Отсутствует	Отсутствует
3.	Механические примеси	Отсутствует	Отсутствует.	Отсутствует
4.	Содержание взвешенного угля	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
5.	Цвет	Жёлтый	Жёлтый	Жёлтый
6.	Содержание органических кислот (в мг КОН на 1 г масла)	0,019 (Норма до 0,020)	0,018 (Норма до 0,020)	0,018 (Норма до 0,020)
7.	Температура вспышки	151°C (Норма до 135°C)	153°C (Норма до 135°C)	151°C (Норма до 135°C)
8.	Тангенс угла δ при 20°C	0,05%	0,06%	0,05%
	Тангенс угла δ при 70°C	0,14%	0,14%	0,14%
	Тангенс угла δ при 90°C	0,30% (Норма до 1,7%)	0,20% (Норма до 1,7%)	0,20% (Норма до 1,7%)

В процессе исследований проводился мониторинг спектрального коэффициента пропускания трансформаторного масла для оценки его визуальной прозрачности в видимом диапазоне спектра. На рисунке 1 показаны спектральные зависимости коэффициентов пропускания трансформаторного масла до очистки и после адсорбционной очистки в сравнении для всех образцов. Из графиков видно, что регенерация привела к существенному осветлению трансформаторного масла.

Таким образом, полученные результаты позволяют рассмотреть возможности создания мобильной установки для регенерации трансформаторного масла непосредственно в трансформаторе и очистке целлюлозной изоляции циркулирующим регенерируемым маслом. Это приведет к повышению энергетическую эффективность и надежность эксплуатации силовых трансформаторов.

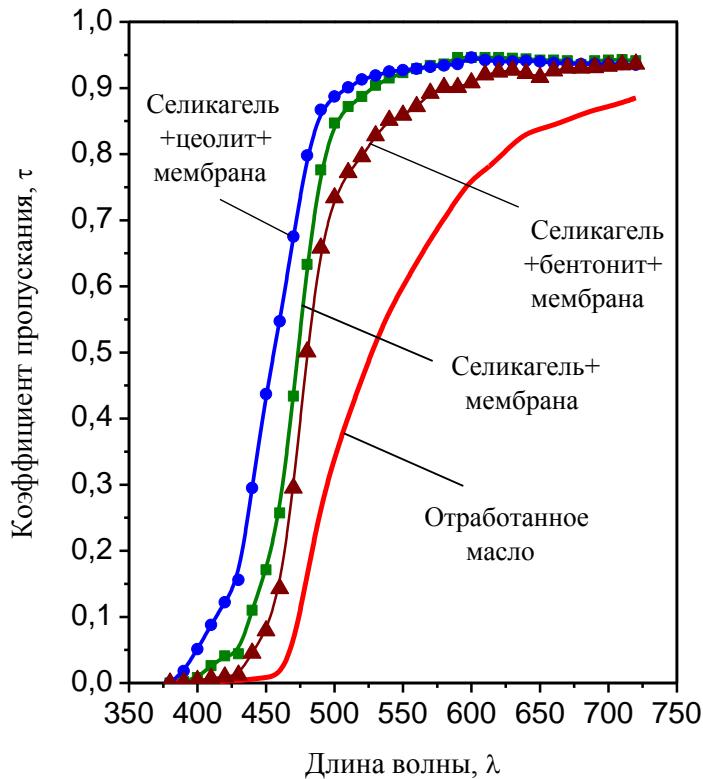


Рис.1. Спектральные коэффициенты пропускания трансформаторного масла до очистки и после адсорбционной очистки в сравнении.

Список литературы:

1. Коваль Е.А. и др. Адсорбционная очистка отработанного трансформаторного масла с использованием промышленных монтмориллонит содержащих сорбентов. Журнал «Известия Томского политехнического университета», 2007 г. №3. - С. 86-89.
2. Кипелов Б.Г., Мезенцев А.И. Контактная очистка отработанных трансформаторных масел отбелывающими землями зикеевского месторождения. Журнал «Электро» 2002г., №5. -С. 31-33.
3. Салихов Т.П., Кан В.В., Уразаева Э.М., Саватюгина Т.М., Арушанов Г.М., Кан С.Н., Юсупов Д.Т. Пористая структура керамических мембран для тонкой очистки технологических жидкостей нефтегазовой отрасли// Научно-технический журнал ФерПИ. 2015 г. №3. -С. 95-98.
4. Салихов Т.П., Кан В.В., Юсупов Д.Т. Очистка трансформаторного масла адсорбентами в сочетании керамической мембраной // Научно-технический, информационно-аналитический и учебно-методический журнал «Энергобезопасность и энергосбережение». 2016г. №3. - С.37-41
5. Инструкция. Эксплуатация трансформаторных масел. Руководящий документ РН 34-301-633:2011