

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Обеспечение безопасности при утилизации и регенерации трансформаторного масла

студента 4 курса 441 группы
направления 20.03.01 «Техносферная безопасность»
код и наименование направления, специальности
Института химии

И.Ю.Горячева
инициалы, фамилия

Саратов 2025

ВВЕДЕНИЕ

Трансформаторные масла на данный момент являются неотъемлемой частью жизни человечества, они играют ключевую роль в электроэнергетике, обеспечивают работу силовых трансформаторов, реакторов и других оборудования.

Масла выполняют несколько важных функций: охлаждение, электроизоляцию, защиту от коррозии и т.д. Благодаря своим свойствам они предотвращают пробой в изоляции.

В последнее время особое внимание уделяется экологичности использования трансформаторных масел, а также разработке альтернативных жидкостей на основе эстеров и синтетических соединений.

Изучению химического состава масел посвящен ряд работ советских ученых: Л.Г. Гурвича, Б.А. Казанского, А.Ф. Плате, Ал. А. Петрова, Л.Г. Жердевой, Н.И. Черножукова, С. Э. Крейна, Б.В. Лосикова, А.С. Великовского, С.Р. Сергиенко, П.А. Санина, Г.О. Гальперна, К.И. Зиминной, А.А. Поляковой, И.А. Михайлова и других, а также известные работы зарубежных исследователей: Ватермана, Ван – Неса, Вак – Вестена, Россини, Мэйера, Стрейфа, Липкина, Мартина, Куртца и многих других.

Актуальность темы. Трансформаторные масла являются важным компонентом электрооборудования, они обеспечивают его изоляцию, охлаждение и защиту от коррозии. Однако в процессе эксплуатации масло подвергается старению, загрязнению и накоплению опасных примесей, что требует его переработки. Обеспечение безопасности при переработке трансформаторного масла приобретает особую актуальность по нескольким причинам:

1. Экологическая безопасность:

- Использованные трансформаторные масла содержат токсичные вещества (полихлорированные бифенилы – ПХБ, продукты окисления, тяжелые металлы), которые при неправильной утилизации загрязняют почву и водоемы.

- Современные экологические нормы (например, директива ЕС 2019/1020, ГОСТ Р 55890-2013) ужесточают требования к переработке и обязывают предприятия применять безопасные технологии.

2. Пожарная и химическая опасность:

- Трансформаторные масла относятся к горючим жидкостям, а их пары могут образовывать взрывоопасные смеси.

- При нагреве или контакте с воздухом возможно выделение вредных летучих соединений, угрожающих здоровью персонала.

3. Развитие технологий переработки:

- Традиционные методы (фильтрация, адсорбция) дополняются современными (вакуумная дегазация, молекулярная очистка), что повышает эффективность, но требует новых подходов к безопасности.

- Внедрение "зеленых" технологий (например, использование биоразлагаемых масел) меняет требования к процессам переработки.

Таким образом, безопасность при переработке трансформаторного масла – это комплексная задача, затрагивающая экологию, охрану труда и экономику. Совершенствование методов очистки, контроль за соблюдением нормативов и обучение персонала позволяют минимизировать риски и повысить эффективность использования энергоресурсов.

Целью бакалаврской работы является изучение вопросов обеспечения безопасности при переработке трансформаторного масла.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие **задачи**:

- Провести анализ существующих технологий переработки;
- Оценить возможные риски при осуществлении технологических операций;
- Провести анализ существующих нормативно-правых документов в данной области.

Раздел 1 Трансформаторное масло

Трансформаторное масло предназначено для электроизоляции токоведущих частей силовых трансформаторов от нетоковедущих, а также передачи тепла от нагреваемых элементов в систему охлаждения. Данный продукт используется во многих трансформаторах, хотя в некоторых возможно также применение и так называемых синтетических масел. Существуют трансформаторы, работающие без масла [1].

Наиболее важные общие требования для трансформаторных масел, которые предназначены для эксплуатации в силовых трансформаторах:

- обеспечение теплоотвода;
- отсутствие в составе серосодержащих кислот;
- высокая электрическая прочность.

1.1. Классификация трансформаторного масла

В качестве сырья для получения трансформаторных масел используются дистилляты, выкипающие при 280 - 420 °С, из различных нефтей.

В зависимости от количественного содержания в этих дистиллятах сернистых соединений и твердых парафиновых углеводородов в производстве масел используются процессы обессеривания и депарафинизации.

Сырьем для получения трансформаторных масел являются в основном дистилляты из следующих нефтей [4]:

- анастасиевской, не требующих обессеривания и депарафинизации;
- смеси малосернистых бакинских, требующих депарафинизации;
- смеси сернистых западно-сибирских, требующих обессеривания и депарафинизации.

Доля последних в производстве трансформаторных масел постоянно возрастает.

1.2. Старение трансформаторного масла

Старение напрямую связано со сроком эксплуатации масла и с окислительными процессами в масле. Как только в масло проникает кислород и вода, то оно начинает окисляться вне зависимости от внешних условий.

Кроме того, на изоляционное масло воздействуют появляющиеся загрязнения от твердых материалов трансформатора. Высокая температура, влажность и начинающееся окисление крайне отрицательно действуют по отношению к твердой изоляции.

Загрязнение формируется в процессе износа трансформатора. Грязь появляется быстрее при сильно загруженном, горячем и при неправильно эксплуатируемом трансформаторе. Грязь увеличивает вязкость масла, и тем самым уменьшает его охлаждающую способность, что ведет к сокращению службы трансформатора.

Трансформаторное масло можно полностью восстановить. Срок использования изоляционного масла при хорошем обслуживании можно продлить неограниченно. Возможность регенерации наихудшего окисленного масла должна рассматриваться относительно высокой стоимости нового масла.

1.3. Типичные загрязнители трансформаторного масла

Одним из основных факторов, влияющих на эксплуатационные свойства трансформаторного масла, является механические примеси различного рода. Они являются нерастворенными веществами, содержащиеся в масле в виде осадка или во взвешенном состоянии. Это — волокна, пыль, продукты растворения в масле компонентов, применяемых в конструкции трансформатора (лаков, красок и т. п.). Другие примеси появляются в масле после внутренних повреждений трансформатора (электрической дуги, мест перегревов) в виде обуглившихся частиц. По мере старения в масле накапливается шлам, который, осаждаясь на изоляцию силового трансформатора, ухудшает ее диэлектрические свойства [5,6].

Раздел 2 Методы очистки трансформаторного масла

Методы очистки отработанных трансформаторных масел определяются характером их загрязнения их можно разделить на физические, физико-химические, химические и комбинированные. Физические методы очистки. К физическим методам относят такие методы, при которых, не затрагивая химической основы очищаемых масел, удаляют лишь механические примеси, т. е. пыль, частицы металлов, воду, смолистые, коксообразные и углистые вещества. К этим методам относятся очистка масел в силовом поле и фильтрование. Аппаратура, применяемая при очистке нефтяных масел указанными методами, по принципу действия и по конструктивным особенностям весьма разнообразна. Основные типы оборудования (очистители), используемые при очистке нефтяных масел в силовом поле, следующие [11]:

- гравитационные (непрерывного, полунепрерывного, периодического действия);
- центробежные (гидроциклоны и центрифуги);
- электрические (высокочастотные и электростатические);
- магнитные (с электромагнитом и с постоянным магнитом);
- вибрационные (механические и ультразвуковые);
- комбинированные.

Рассмотрим основные методы очистки трансформаторного масла.

2.1. Гравитационный метод

Гравитационный метод (отстаивание в резервуарах), суть которого заключается в предварительной грубой очистке масла от дисперсной воды и механических примесей путем отстаивания масла в резервуарах с конусными днищами.

Выделившиеся загрязнения периодически удаляются из резервуаров с помощью дренажей донных слоев (остатков) масла в виде крупных и тяжелых частиц размером свыше 40 мкм.

2.2. Центробежный метод

Центробежный метод с использованием центробежных вакуумных сепараторов (маслоочистительных машин) производства Полтавского турбомеханического завода, которые эффективно очищают трансформаторное масло от дисперсной и частично от растворенной влаги, механических примесей

и шлака. Оптимальной при осушке масла вакуумными сепараторами (центрифугами) является температура 50—60 °С. Центрифугирование трансформаторного масла следует рассматривать как предварительную ступень обработки трансформаторного масла, имеющего низкую электрическую прочность ($C_p < 20$ кВ), в целях подготовки его для заливки в электрооборудование. Наиболее широко используются в настоящее время маслоочистительные машины типа ПСМ-1-300, ПСМ-2-4 и др. (табл. 2.1). В последних модификациях составной частью установки является фильтр-пресс производительностью 1500—3000 л/ч, в котором масло очищается путем фильтрования. Сепараторы ПСМ (с обязательным вакуумированием масла) можно применять для обработки эксплуатационных трансформаторных масел непосредственно в оборудовании напряжением до 150 кВ включительно в целях восстановления их электрической прочности. Обработка масла осуществляется по замкнутой схеме при обеспечении надежности и герметичности схемы. При выполнении требований техники безопасности эта схема очистки может осуществляться и в оборудовании, находящемся под напряжением.

Таблица. 1.1 – Маслоочистительные установки

Технические данные установки	Типы установок			
	вакуумные		открытого исполнения	
	ПСМ 1-3000	ПСМ 2-4	СМ 1-3000	СМ2-4
Производительность, м ³ /ч	3	4	3	4
Максимальное содержание механических примесей в масле (при исходном содержании механических примесей до 0,08 %), %, не более	0,005	0,005	0,005	0,005
Максимальное содержание влаги в масле после одного цикла очистки при исходном содержании воды до 1 % массы, % массы, не более	0,08	0,05	0,08	0,05

Содержание масла в отходах воды, %, не более	1	1	1	1
Температура нагрева масла в электроподогревателе, °С	25	35	25	30
Минимальное количество очищаемого масла, мЗ	0,22	0,3	0,22	0,3
Число разделительных тарелок, шт.	56	88	56	88
Габариты, мм	1800x1200x1780	1830x1300x1528	1200x1225x1395	1500x1146x1225
Масса, кг	1100	1100	710	672

2.3. Фильтрационный метод

Фильтрационный метод, в котором для удаления из трансформаторного масла основной массы твердых загрязнений используются фильтры различных конструкций (сетки, мембраны), а вода удаляется в основном методом отстаивания и центрифугирования.

Для очистки масла применяется большое количество разнообразных фильтров (фильтр-прессы, патронные, барабанные, сетчатые, пластинчатые и др.). Наиболее широко используются рамные фильтр-прессы типа ФП-2-3000 или ФП-4-4, патронные фильтры ФОСН-60, Ф-12 и др., а также установки фильтрации на их основе.

Рамные фильтр-прессы типа ФП-2-3000 или ФП-4-4 Полтавского турбомеханического завода (табл. 2.2) оснащены собственной насосной группой и представляют собой мобильные установки фильтрации, что позволяет широко применять их как передвижное оборудование.

Таблица. 1.2 – Фильтр-прессы

Технические данные установки	ФП2-3000 (ТУ 34.38.10612—83)	ФП4-4 (ТУ 34.38.11103—86)	ФПР-2.2-3-15/16У (ТУ 26.01.54—75)
Производительность, м ³ /ч	3	4	3
Площадь поверхности фильтрации, м ²	1,8	2	2,2
Наибольшее рабочее давление фильтрации, МПа (кгс/ см ²)	0,4 (4)	0,5 (5)	0,45 (4,5)
Объем рамного пространства, м ³	0,017	0,02	0,014
Число рам, шт.	16	19	11
Вид фильтровального материала	Картон	Бумага ДРКБ	Картон
Потребляемая мощность, кВт	1,3	2	4
Габаритные размеры, мм	1000x572x982	1480x605x840	1700x760x1120
Масса, кг	215	270	530

Эффективность очистки масла с помощью фильтр-прессов зависит от характеристик фильтровального материала, который вставляется между рамами фильтр-пресса. Для этих целей в настоящее время используются фильтровальный картон (ГОСТ 6722—75), ткань Бельтинг Ф или ФНП (ГОСТ 332—91), фильтровальные бумаги ДРКБ (ТУ 81-04-178—72), БФМ-П и БФМ-К (ГОСТ 20806—86), БТ-10П (ТУ 81-04-568—80), другие фильтровальные материалы, которые обладают тонкостью фильтрации 20—25 мкм.

Для очистки трансформаторного масла желательно применять фильтровальные материалы с тонкостью фильтрации 5—10 мкм, такие, как фильтровальная бумага БТ-3П (ТУ 81-04-478—77), БТ-5П (ТУ 81-04-581—80), БТ-170 (ТУ 137.3080011752—82), АФБ-5 (ТУ 81-04-144—72) и современные синтетические материалы.

Наибольшая эффективность при очистке масел рамными фильтр-прессами достигается при использовании принципа многоступенчатой фильтрации, который позволяет повысить их производительность, ресурс и тонкость очистки. В фильтр-прессах принцип ступенчатой очистки может быть реализован при специальном подборе фильтровальных материалов и их многослойной зарядке между рамами. Первым (по ходу масла) устанавливается лист фильтровального материала с тонкостью фильтрации 25—40 мкм (ДРКБ, Бельтинг и др.), далее лист материала с тонкостью фильтрации 15—20 мкм (картон, БФМ-П, БТ-10П и др.) и последним лист материала с тонкостью фильтрации 5—10 мкм (БТ-3П, БТ-5П, БТ-170, АФБ-5 и др.).

При применении в фильтр-прессах синтетических материалов (не обладающих необходимой жесткостью и прочностью, а также имеющих склонность к вымыванию волокон потоком очищаемого масла) рекомендуется послойная их зарядка между двумя листами материала с необходимой жесткостью (картон, ДРКБ). Контроль работы фильтр-прессов осуществляется путем измерения перепада давления с помощью манометров, установленных на входе и выходе масла. Перепад давления не должен превышать 0,2 МПа, а давление масла на входе фильтр-пресса — 0,4 МПа. Увеличение давления на входе или перепада давления на фильтре свидетельствует о засорении фильтровального материала и необходимости его замены.

Наиболее эффективны для очистки энергетических масел от механических примесей и шлама патронные фильтры, особенно фильтры, в которых реализован принцип ступенчатой фильтрации.

Тонкость очистки трансформаторных масел от механических примесей и шлама зависит от вида и свойств фильтровального материала и конструкции фильтра.

В фильтре ФДО (фильтр двойной очистки) реализован принцип ступенчатой фильтрации, так как в нем применяются два типа патронов РЕГОТМАС с разной тонкостью фильтрации (40 и 25; 25 и 10; 15 и 5 мкм). Это позволяет увеличить ресурс элементов и эффективность очистки масла по сравнению с фильтрами ФОСН-60. Недостатком бумажных патронов является высокий риск их повреждения при очистке масла, сильно загрязненного водой

(содержание воды более 0,5 % массы), что вызывает необходимость их частой замены. В фильтрах ФОСН или ФДО могут использоваться и другие типы фильтровальных элементов, близких по габаритам к патронам серии РЕГОТМАС 561 или 564 К.

В фильтрах ФТО-Ю применяются фторопластовые фильтровальные элементы ФЭП-152-130-205, обладающие номинальной толщиной фильтрации 5 мкм, собранные в стандартный пакет ФП-3. Фторопластовые фильтроэлементы обладают водоотталкивающими свойствами, что способствует отделению дисперсной воды от масла. Они также могут быть использованы в фильтрах несколько раз после промывки и удаления задержанных загрязнений с поверхности элемента.

2.4. Адсорбционный метод

Целью адсорбционной очистки является удаление из трансформаторного масла влаги, газов, механических примесей, продуктов окисления и других загрязнений, которые могут негативно повлиять на работу трансформатора. Это позволяет продлить срок службы оборудования и обеспечить его надёжную работу.

Процесс адсорбционной очистки включает следующие этапы:

1. Отбор проб: перед началом процесса адсорбционной очистки необходимо отобрать пробы масла для анализа его состояния. Анализ может включать определение уровня загрязнения, кислотности, влажности и других параметров.

2. Подготовка адсорбента: необходимо подготовить адсорбент для очистки, включая активированный уголь, силикагель или другие материалы. Адсорбент должен быть предварительно обработан для обеспечения максимальной эффективности очистки.

3. Очистка: Процесс адсорбционной очистки заключается в пропускании трансформаторного масла через слой адсорбента. В процессе прохождения через адсорбент масло очищается от примесей и загрязнений.

4. Регенерация адсорбента: после завершения процесса очистки адсорбент необходимо регенерировать. Регенерация может осуществляться различными способами, такими как термическая обработка, продувка воздухом или использование химических реагентов.

5. Контроль качества: после регенерации адсорбента необходимо провести контроль качества масла. Это включает проверку уровня загрязнения, кислотности и других параметров, чтобы убедиться, что масло соответствует требованиям.

6. Заполнение трансформатора: если масло прошло все проверки, оно может быть использовано для заполнения трансформатора.

Адсорбционная очистка является эффективным методом удаления примесей и загрязнений из трансформаторного масла. Однако этот метод требует использования специального оборудования и материалов, а также проведения тщательного контроля качества масла после очистки.

2.5. Вакуумный метод

Вакуумный метод обработки трансформаторного масла основывается на двух способах:

- 1) распыление масла в вакуумных камерах большого объема;
- 2) распыление масла с медленным его перетеканием по поверхности специальных насадок (кольца Рашига, хордовые насадки, спиральные кольца и др.) в вакуумных колоннах.

При вакуумном методе для очистки масла применяются дегазационные и другие установки. Масло с высокими изоляционными свойствами возможно получить лишь при условии глубокой его осушки и дегазации с применением различной вакуумной и адсорбционной техники, обеспечивающей глубокое вакуумирование и дегазацию масла. С учетом того, что при атмосферном давлении в трансформаторном масле может содержаться до 10 % объема воздуха, для подготовки масла к заливу в герметичное оборудование (трансформаторы с азотной или пленочной защитой, герметичные вводы) необходима дегазация масла. Чем ниже остаточное давление и выше температура при вакуумировании, тем быстрее и полнее происходит удаление воды и газов из масла. Оптимальными параметрами для осушки и дегазации масла считаются температура 80 °С и остаточное давление около 133 Па (1 мм рт. ст.).

В настоящее время осушка и дегазация масла производятся на передвижных установках типов УВМ-1, УВМ-2, УРТМ-200М и многих других.

Для удаления воды при подготовке трансформаторных масел используют метод осушки с помощью адсорбционных установок, работа которых основана

на селективной способности молекулярных сит (цеолита №А) извлекать из очищаемого масла растворенную и дисперсную воду.

Для глубокой осушки трансформаторного масла широко используются цеолитовые установки типов М002-А, БЦ77-1100, УЦ-90, УЦ-92, ОМ-1, ОМ-4 и др. Основная технология, применяемая в этих установках, — адсорбционная очистка на стационарном (неподвижном) слое гранулированного адсорбента (цеолита №А).

Удаление воды из масла с помощью цеолита может быть осуществлено и при отрицательных температурах; оптимальный температурный режим обработки масла — в интервале от -5 до +30 °С.

Цеолитовые установки БЦ, МЦУ, ФСМ и другие комплектуются электронагревателями масла для обеспечения прогрева трансформаторов при монтаже и ремонте, а также при необходимости регенерации трансформаторного масла.

В табл. 2.3 приведены перечень и краткие характеристики основных технических средств, применяемых для обработки и регенерации трансформаторного масла в процессе монтажа, технического обслуживания и ремонта трансформаторов.

Таблица 1.3 – краткая характеристика основных технических средств, применяемых для обработки и регенерации трансформаторного масла в процессе монтажа, технического обслуживания и ремонта трансформаторов

Наименование	Тип, марка	Краткая техническая характеристика	Предприятие-изготовитель и его адрес	Примечание
Установка вакуумной дегазации масла	УВМ-ОЗП	В комплекте с СОГ-913, блоком адсорберов и блоком прогрева масла	АОНИТИ «Тесар», г. Саратов, ул. Шелковичная, д.186	В комплект входит прибор контроля пробивного напряжения КПП-901
Передвижные установки для тонкой очистки масла	СОГ-913, СОГ-913К		АОНИТИ «Тесар», г. Саратов, ул. Шелковичная, д. 186	
Передвижные	СОГ-		ООО «Автофильтр»,	В роторе

установки для тонкой очистки масла	933КТ, СОГ-932КТ1		г. Саратов, ул. Танкистов, д. 84а	центрифуги-насоса со спиральной вставкой осаждаются мельчайшие загрязнения
Установки для обработки трансформаторного масла и заливки его в высоковольтные вводы и другое оборудование	ДЗУ-3О, ДЗУ-3ОФ	Установки предназначены для снижения газо- и влагосодержания, очистки от механических примесей	НПО «Электрум», г. Санкт-Петербург, ул. Курчатова, д. 14	Производительность до 60 л/ч
Малогабаритная установка для очистки, дегазации и заливки масла	УДЗ-03.40М	Сушка изоляции маслонаполненных вводов методом циркуляции подогретого масла с дегазацией	ООО «Промэлектроника», г. Саратов, просп. 50 лет Октября, д. 108, кор. 50а	Производительность до 40 л/ч

Раздел 3 Потенциальные опасности, предпосылки возникновения, возможные последствия и способы их ликвидации

Регенерация рабочей жидкости обычно проводится на месте установки трансформатора. Масло выливается в технологическую емкость. Далее подключается оборудование, производится обработка до тех пор, пока рабочая жидкость не будет соответствовать нормам показателей качества. После ее можно вновь залить в бак трансформатора и использовать по назначению. Если проводить процесс по всем правилам, то на выходе даже самое загрязненное масло будет очищено и соответствовать свежему на 75-80%.

Масло очищается под напряжением или с использованием ядовитых, легко воспламеняющихся жидкостей.

3.1. Требования к персоналу при эксплуатации установок по очистке трансформаторного масла

Руководство обязано создать на рабочем месте условия, отвечающие правилам по охране труда.

Каждый работник обязан [12]:

- соблюдать требования п.1.2.5 ПОТ РМ по охране труда при эксплуатации электроустановок, инструкций по охране труда, указаний, полученных при соответствующих инструктажах;

3.2. Требования безопасности перед началом работы

- Привести в порядок спецодежду, застегнуть обшлага рукавов, надеть головной убор. Работать в легкой обуви (тапочках, сандалиях, сланцах) запрещается.

- Проверить наличие и исправность ручного инструмента, приспособлений и средств индивидуальной защиты.

3.3. Требования безопасности во время работы

Требования охраны труда при работе с БЦУ-1:

- Установка БЦУ-1 является высокоскоростной машиной, поэтому неумелое или халатное ее обслуживание может привести к серьезным последствиям.

Категорически запрещается:

- работать на незаземленной установке;
- обслуживание установки случайными лицами;
- разбирать коммуникации или производить другие ремонтные работы до полной остановки;

3.4. Требования безопасности в аварийных ситуациях

– При обнаружении какой-либо неисправности установки БЦУ-1 или вспомогательного оборудования, немедленно отключить его и сообщить непосредственному руководителю.

– При возникновении пожара немедленно остановить установку, отключив ее от сети, перекрыть маслопроводные шланги, сообщить инженеру или дежурному диспетчеру, приступить к тушению огня местными средствами пожаротушения. Горящее масло необходимо тушить забрасывая его песком. Использовать огнетушители порошковые и углекислотные. Тушить горящее масло водой запрещается.

– При поражении электрическим током людей, ожогах, травмах действовать согласно "Межотраслевой инструкции по оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве" [10].

3.5. Требования безопасности после окончания работ

– По окончании работы следует отключить работавшую установку, отсоединить вспомогательное оборудование, маслопроводы, проверить состояние установки, при необходимости провести очистку.

– Привести в порядок рабочее место: убрать инструмент, произвести уборку и т. д.

– Вымыть лицо, руки теплой водой с мылом или принять душ.

– Сообщить непосредственному руководителю о замеченных недостатках, имеющих место нарушениях охраны труда и т. п [12].

3.6. Требования к электрослесарю по ремонту оборудования распределительных устройств

– Электрослесарь по ремонту оборудования распределительных устройств к самостоятельной работе по очистке и сушке масла допускается по достижению

18-ти летнего возраста, годный по состоянию здоровья к выполнению должностных обязанностей, обученный устройству и эксплуатации маслоочистительной цеолитовой установки БЦУ-1. Назначение электрослесаря по ремонту оборудования распреустройств производится после проверки знаний правил охраны труда в объеме обязательном для электрослесаря по ремонту оборудования распреустройств, настоящей инструкции, а также должностных и производственных инструкций. Сушку масла в емкостях (бочках, баках, цистернах и т. п.) разрешается производить одному лицу с группой по электробезопасности не ниже III.

– Квалификационное удостоверение проверки знаний во время исполнения служебных обязанностей работник должен иметь при себе.

– Работники, не прошедшие проверку знаний в установленные сроки, к самостоятельной работе не допускаются.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы были рассмотрены основные аспекты обеспечения безопасности на установках очистки трансформаторного масла. Были изучены риски, связанные с работой установок, и проанализированы существующие методы обеспечения безопасности. На основе проведённого анализа были предложены рекомендации по улучшению системы безопасности на установках очистки трансформаторного масла.

Обеспечение безопасности является ключевым аспектом при работе с опасными веществами и материалами. В случае с установками очистки трансформаторного масла это особенно важно, так как масло может быть загрязнено различными примесями, которые могут представлять опасность для персонала и окружающей среды.

Отработанное трансформаторное масло несет в себе серьезную угрозу для окружающей среды и здоровья людей. Оно опаснее, чем сырая нефть, поскольку в нем содержатся измененные в ходе эксплуатации добавки, механические примеси и другие загрязнители. В настоящее время особую важность приобретает рациональное и экономное расходование нефтепродуктов. Отработанные масла, попадающие в окружающую природную среду, лишь частично удаляются или обезвреживаются в результате природных процессов. Основная же их часть является источником загрязнения почвы, водоемов и атмосферы. Накапливаясь, они приводят к нарушению воспроизводства птиц, рыб и млекопитающих, оказывают вредное воздействие на человека. Проблема сбора, утилизации и регенерации отработанных нефтепродуктов является актуальной, более того, рентабельной и наукоемкой областью, так как при правильной организации процесса регенерации стоимость восстановленных масел на 40–70% ниже стоимости свежих масел при практически одинаковом их качестве.

Таким образом, обеспечение безопасности на установках очистки трансформаторного масла является важной задачей, которая требует комплексного подхода. Только так можно предотвратить возможные аварии и обеспечить надёжную работу электрооборудования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брай, И.В. Регенерация трансформаторных масел / И.В.Брай - М.: Химия, 1972.
2. Бурьянов Б. П. Эксплуатация трансформаторного масла. - 2-е изд., перераб. и доп. М.: -1951 г. – 264с.
3. Грунтович, Н.В. – «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования» Новое знание; М.: ИНФРА - М, 2013, 271 с. - ISBN 978- 985-475-576-2.
4. ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
5. ГОСТ 21046-86. Нефтепродукты отработанные. Общие технические условия.
6. Джуварлы Ч. М., Иванов К. И., Курлин М. В., Липштейн Р. А., Мухарская Л. А. Электроизоляционные масла / М.: Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы, 1963. - 275с.
7. «Инструкция по охране труда при очистке и сушке трансформаторного масла» // [Электронный ресурс]: - URL: <https://pandia.ru/text/78/466/45852.php> (дата обращения: 10.02.2025). – Загл. с экрана. – Яз. рус.
8. Инструкция по эксплуатации нефтяных турбинных масел: РД 34.43.102-96. - М.: Рот. ВТИ, 1997.
9. Курочкин А. С. и др. Метод сверхглубокой очистки трансформаторного масла и маслonaполненного оборудования как способ повышения надежности работы трансформаторов // Международная научно-практическая конференция «Трансформаторы: эксплуатация, диагностирование, ремонт и продление срока службы». 13–17 сентября 2010 г., Россия, г. Екатеринбург.
10. Липштейн Р. А., Шахнович М. И. Трансформаторное масло. 3-е изд., перераб. и доп. –М.: Энергоатомиздат, 1983. — 296с.
11. Макашев В.А., Петров С.В. Опасные ситуации техногенного характера и защита от них: учебное пособие. – М.: НЦ Энас, 2008. – 224 с.
12. Маневич Л. О. Обработка трансформаторного масла. 2-е изд., перераб. и доп. –М.: Энергоатомиздат, 1985. — 104с.

13. Маневич, Л.О. Осушка масла цеолитами и дегазация / Л.О. Маневич. - 2-е изд., перераб. и доп. - М: Энергия, 1980.
14. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок: ПОТ РМ-016-2001: РД 153-34.0-03.150-00. - М.: НЦ «ЭНАС», 2001. (дата обращения: 15.05.2024)
15. Методические указания по вводу присадок в турбинное масло Тп-22С и Тп-30: РД 34.43.104-88. -М.: СПО Союзтехэнерго, 1988.
16. Методические указания по эксплуатации трансформаторных масел: РД 34.43.105-89. - М.: СПО Союзтехэнерго, 1989.