

Методика (совокупность требований) проведения скрининга на предмет перекрестного загрязнения электротехнического оборудования (трансформаторов), не содержащих в своем составе ПХБ, при проведении технического обслуживания такого оборудования.

Минск 2020

Разработано в рамках проекта международной технической помощи «Устойчивое управление стойкими органическими загрязнителями и химическими веществами в Республике Беларусь, ГЭФ-6»

Учреждение-разработчик:

Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Бел НИЦ «Экология», отдел обращения с отходами.

Авторы:

Р.В. Михалевич - директор РУП «Бел НИЦ «Экология»; Е.А. Ботян - зав. отделом обращения с отходами; Я.В. Труш - зам. зав. отделом обращения с отходами; А.В. Фоменок - зав. сектором государственных кадастров, реестров и государственной статистики.

Аннотация

Методика (совокупность требований) проведения скрининга на предмет перекрестного загрязнения электротехнического оборудования (трансформаторов), не содержащих в своем составе ПХБ, при проведении технического обслуживания электрооборудования в качестве стандартной практики крупными предприятиями, эксплуатирующими такое оборудование, при проведении его технического обслуживания.

Методика предназначена для специалистов предприятий проводящих техническое обслуживание трансформаторов, при выполнении научно-исследовательских работ, связанных с определением перекрестного загрязнения электротехнического оборудования.

Методика согласована Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

## Введение

Первым и одним из наиболее важных этапов реализации Стокгольмской Конвенции о стойких органических загрязнителях на национальном и местном уровнях является инвентаризация стойких органических загрязнителей и содержащих их материалов и отходов, а также меры по сокращению их эмиссии в окружающую среду и окончательное уничтожение накопленных запасов.

При всей важности введения специальных правил обращения и учета, одним из важных моментов при реализации Стокгольмской Конвенции о стойких органических загрязнителях является идентификация объектов, загрязненных полихлорированными бифенилами.

Основное применение полихлорированные бифенилы нашли в электротехническом оборудовании (трансформаторах, конденсаторах, масляных выключателях, вакуумных насосах, осветительных флуоресцирующих приборах). Главным потребителем полихлорированных бифенилов является электротехническая промышленность, которая использует так называемый электроизоляционный совол и совтол, а также трихлорбифенил (ТХБ) в составе конденсаторов.

Одним из объектов инвентаризации полихлорированных бифенилов являются отработанные трансформаторные масла и эксплуатируемое маслonaполненное оборудование, которое может быть источником перекрестного загрязнения материалов и оборудования, не содержащих полихлорированные бифенилы.

В связи с этим важное значение приобретает оценка возможности такого загрязнения полихлорированными бифенилами.

Целью данной методики является определение совокупности требований к проведению скрининга перекрестного загрязнения трансформаторов крупными предприятиями, эксплуатирующими данное оборудование, при проведении технического обслуживания.

## 1 Назначение и область применения

1.1 Настоящий документ устанавливает совокупность требований по проведению скрининга эксплуатируемого оборудования при проведении технического обслуживания (трансформаторы).

Распространяется на отработанные масла.

1.2 Методика также может быть применена для осуществления оценки возможного загрязнения полихлорированными бифенилами:

- масляных хозяйств электрических станций и сетей вне зависимости от разнотипного выполнения технологических схем и используемого маслоочистительного оборудования;

- минеральных (нефтяных) электроизоляционных (трансформаторных) масел, применяемых в электрооборудовании общего назначения.

1.3 Настоящая методика предназначена для применения:

- организациями, выполняющими эксплуатацию и техническое обслуживание энергетических масел, масляных хозяйств и маслonaполненного энергетического оборудования электрических станций и сетей;

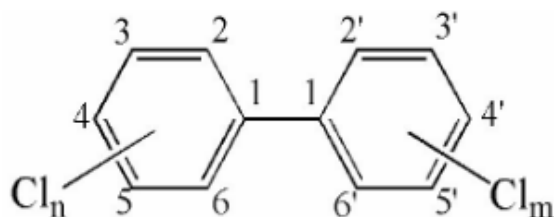
- проектными и специализированными экспертными организациями, осуществляющими проектирование и экспертный анализ используемого оборудования;

- ремонтными и специализированными организациями, выполняющими ремонтное и диагностическое обслуживание масляных хозяйств, энергетических масел и маслonaполненного энергетического оборудования электрических станций и сетей.

1.4 В развитие настоящей методики каждая организация может в установленном порядке разработать, утвердить и применять собственную методику предприятия, учитывающую особенности конкретного оборудования и не противоречащую требованиям настоящей методики, конструкторской (заводской) документации.

## 2 Краткая характеристика вещества

Полихлорированный бифенил (PCB) [polychlorinated biphenyl (PCB)]: относится к классу ароматических соединений, состоящих из двух бензольных колец, соединенных через межъядерную связь С-С и замещенных от одного до десяти атомами хлора в орто- мета- или пара- положениях (рис.1). Существует 209 индивидуальных конгенов полихлорированных бифенилов, отличающихся числом и положением атомов хлора в молекуле (I), имеющих общую формулу:  $C_{12}H_{10-n}Cl_n$ , где n= от 1 до 10.



По своим физико-химическим свойствам конгены полихлорированных бифенилов близки к диоксинам. Размеры молекулы (I) находятся в диапазоне 9-10,5Å в длину и около 3Å в ширину. Полихлорированные бифенилы обладают рядом уникальных

физических и химических свойств: исключительными теплофизическими и электроизоляционными характеристиками, термостойкостью, инертностью по отношению к кислотам и щелочам, огнестойкостью, хорошей растворимостью в жирах, маслах и органических растворителях, высокой совместимостью со смолами, отличной адгезионной способностью [2]. Это обусловило их широчайшее применение в качестве диэлектриков в трансформаторах и конденсаторах, гидравлических жидкостей, теплоносителей и хладагентов, смазочных масел, компонентов красок, лаков и клеевых составов, пластификаторов и наполнителей в пластмассах и эластомерах, антипиренов, растворителей [1,2,3].

В основе промышленного получения полихлорированных бифенилов лежит заместительное хлорирование бифенила в присутствии катализатора электрофильного замещения (обычно Fe) [3].

Степень хлорирования зависит от продолжительности реакции, которая составляет от 12 до 36 ч. Реакция электрофильного замещения проходит неспецифически, поэтому продукт содержит смесь большого числа индивидуальных полихлорированных бифенилов – от 30 до 100 соединений. Большинство из них содержат от 3 до 8 атомов хлора, хотя имеются и небольшие количества как более, так и менее хлорированных полихлорированных бифенилов. Эти смеси известны под различными фирменными названиями – Арохлор (США), Канехлор (Япония), Хлорфен (Германия), Делор (Словакия), Фенохлор (Франция), Фенхлор (Италия), Совол и Совтол (СССР, Россия), состав которых регламентирован.

### 3 Возможные причины перекрестного загрязнения электротехнического оборудования, не имеющего в своем составе полихлорированных бифенилов

3.1 Факторы, определяющие возможное перекрестное загрязнение оборудования полихлорированными бифенилами:

1. Использование масел, содержащих полихлорированные бифенилы (или загрязненных ими) при плановой или внеплановой замене масла.

2. Слив трансформаторных масел в емкости для временного хранения (при ремонте или проведении технического обслуживания).

3. Загрязнение оборудования, использовавшегося при регенерации слитого трансформаторного масла.

4. Использование трансформаторов, у которых отсутствует маркировка, а также не определен тип и вид оборудования.

5. Низкий уровень осведомленности работников о правилах соблюдения техники безопасности при работе с трансформаторным оборудованием:

- контакта с загрязненным материалом через недостаточную защитную одежду и поврежденное оборудование;

- отсутствию знаний техники обращения с трансформаторами и их компонентами;

- неправильное обращение с дефектным оборудованием, содержащим и (или) загрязненным полихлорированными бифенилами.

6. Иные:

- использование совместных материалов, емкостей и оборудования при осуществлении дозаправки трансформаторов, содержащих полихлорированные бифенилы, и чистых трансформаторов;

- загрязнение ветоши, фильтрующего материала, опилок и отходов, образованных в результате устранения разливов трансформаторных масел неизвестного состава;

- загрязнение деталей оборудования, вступившего в контакт с материалами и веществами, содержащими полихлорированные бифенилы.

3.2 Перекрестное загрязнение электротехнического оборудования (трансформаторов), не имеющего в своем составе полихлорированных бифенилов, возможно при проведении его технического обслуживания следующими способами:

- дозаправке трансформаторов, у которых отсутствует маркировка, а также не определен тип и вид оборудования;

- самостоятельный разбор оборудования на составные вещества и материалы;

- при дозаправке трансформаторов на станции по ремонту, которая не обладает всеобъемлющей информацией о предыдущих технических обслуживаниях данного оборудования;

- использование совместных материалов, емкостей и оборудования при осуществлении дозаправки трансформаторов, содержащих полихлорированные бифенилы, и чистых трансформаторов;

- загрязнение материалов, емкостей и оборудования во время проведения тестирования электрических и химических свойств трансформаторного масла.

3.3 Электротехническое оборудование (трансформаторы) подлежащее оценке возможного перекрестного загрязнения полихлорированными бифенилами:

- маслонаполненные трансформаторы, являющиеся открытыми системами, т.е. оборудование, подлежащее замене и дозаправке масла;

- трансформаторы, которые направлялись на ремонт в ремонтную мастерскую;

- трансформаторы, по которым на предприятии не имеется информации о техобслуживании в прошлом;

- трансформаторы, по которым на предприятии имеется информация о том, что их наполняли, до заправляли отработанным трансформаторным маслом;

- трансформаторы, которые были произведены после запрета производства полихлорированных бифенилов (1993 г. для трансформаторов стран бывшего СССР), и по которым на предприятии имеется информация о том, что их до заправляли маслом, не содержащим полихлорированные бифенилы.

## 4 Классификация собственников электротехнического оборудования, содержащего полихлорированные бифенилы по отраслевому принципу

4.1 Классификация собственников электротехнического оборудования по отраслевому признаку.

Существует два основных направления использования трансформаторов - при передаче и преобразовании электроэнергии в электросетях и для питания электрических приборов. Наибольшее применение в народном хозяйстве получили силовые

трансформаторы, которые являются необходимым элементом промышленной электрической сети.

Основными собственниками электротехнического оборудования (трансформаторов) по отраслевому признаку являются предприятия, подчиненные:

Министерству энергетики;

Министерству транспорта и коммуникаций;

Министерству промышленности;

Министерству сельского хозяйства и продовольствия;

Министерству информации и связи;

Министерству внутренних дел;

Министерству архитектуры и строительства.

Наибольший объем (более 50%) маслonaполненного трансформаторного оборудования приходится на предприятия, принадлежащие Министерству энергетики и Министерству транспорта и коммуникаций.

4.2 Формы обращения с оборудованием, отходами и материалами, потенциально загрязненными ПХБ:

Юридические лица обладающие правом собственности на оборудование и отходы, потенциально содержащие ПХБ, обязаны соблюдать требования СанПиН 2.1.7.12-42-2005 «Гигиенические требования к накоплению, транспортированию и захоронению токсичных промышленных отходов», утвержденных постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 16 декабря 2005 г. № 226 (далее - СанПиН 2.1.7.12-42-2005), и иных нормативных правовых, технических нормативных правовых актов, регулирующих вопросы обращения с опасными отходами.

Несанкционированное уничтожение оборудования и отходов, потенциально содержащих ПХБ, их захоронение на полигонах твердых коммунальных и промышленных отходов запрещено.

Временное хранение оборудования и отходов, потенциально содержащих ПХБ, осуществляется только на (в) специально отведенных и оборудованных площадках и помещениях.

Не допускается разбавление жидкостей, потенциально содержащих ПХБ, и их смешивание с другими жидкостями с целью снижения концентрации ПХБ.

Не допускается смешивание отходов, потенциально содержащих ПХБ, с другими видами отходов, субстратов для снижения в них концентрации ПХБ.

обеспечить соблюдение требований техники безопасности, пожарной безопасности и охраны труда при работе с оборудованием и отходами, содержащими ПХБ, в том числе:

обеспечить работников специальной одеждой и средствами индивидуальной защиты для работы с оборудованием и отходами, содержащими ПХБ.

Юридические лица, обладающие правом собственности на оборудование и отходы, потенциально содержащие ПХБ, обязаны не допускать к работе с оборудованием, содержащим ПХБ, лиц, не прошедших обучение, инструктаж по охране труда и технике безопасности;

обеспечить ведение учета оборудования и отходов, потенциально содержащих ПХБ и соблюдать экологически безопасное их хранение;

в случаях возникновения утечки, проливов потенциально загрязненных ПХБ жидкостей и веществ немедленно информировать территориальные органы Министерства

природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (далее - Минприроды) и органы и подразделения Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь по месту происшествя.

## 5 Метод измерения, средства измерения

Наиболее подходящим, быстрым и точным методом испытания электроизоляционных жидкостей по определению содержания полихлорированных бифенилов является экспресс тестирование. Принцип работы экспресс тестирования заключается в определении хлора, который является основным элементом полихлорированных бифенилов. Однако, данный тест не является специфичным, т.к. может различить любые другие хлорсодержащие соединения, которые также могут присутствовать в трансформаторном масле.

Таким образом, при испытании масел, загрязненных хлоридом натрия, морской водой и иными солями, в результате экспресс тестирования может быть получен искаженный результат, что потребует дополнительного лабораторного исследования.

5.1 Требования к экспресс-тестам для выявления хлора в трансформаторных маслах для качественного обнаружения полихлорированных бифенилов в концентрации более 50 мг/кг.

Лабораторное определение полихлорированных бифенилов требует значительных временных затрат, поскольку оно предполагает отражение подробной качественной и количественной информации об исследуемых образцах с использованием различных типов хроматографии: газовая хроматография с насадочной колонкой; тонкослойная жидкостная хроматография; и высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ). В настоящее время в условиях отсутствия аккредитованных лабораторий по определению полихлорированных бифенилов, бесспорна необходимость использования методов скрининга, которые могут дать оперативную аналитическую информацию, т.е. пробы не должны быть подвергнуты дополнительному анализу на каком-либо специальном оборудовании (хроматографы, и т.п.).

Для получения данных скрининга о концентрации ПХБ в трансформаторном масле вне лабораторных условий, в развивающихся странах в рамках проектов по инвентаризации полихлорированных бифенилов, финансируемых Глобальным экологическим фондом, реализуемые: агентствами Организации Объединенных Наций, Всемирным банком, Всемирной организации Здравоохранения, банками развития и т.д., рекомендованы к использованию тестовые наборы Clor-N-Oil.

Тестовые наборы производится компаний Dexsil Corp. США, которая специализируется на производстве электронных устройств и химических тестов и является лидером в разработке простых в использовании и точных испытательных устройств, позволяющих ускорить и удешевить химический анализ вне лабораторных условий.

Согласно приложению А, Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях, каждая сторона конвенции обязана выявить и прекратить эксплуатацию



оборудования, содержащего полихлорированные бифенилы в концентрации более 50 мг/кг., что возможно определить с использованием тестового набора, производимого компаний Dextsil Corp. США, Clor-N-Oil 50.

Тест предназначен для проведения тестирования трансформаторного масла или нефтесодержащих продуктов, и не предназначен для тестирования других типов жидкостей.

Каждый комплект Clor-N-Oil содержит предварительно отмеренные реагенты, изолированные в стеклянных ампулах, что обеспечивает получение безопасных, быстрых, последовательных и точных результатов.

Проведение тестирования с использованием набора Clor-N-Oil должно происходить в сухом, отапливаемом помещении при достаточном освещении и отсутствии попадания осадков.

Определение содержания полихлорированных бифенилов в концентрации более 50 мг/кг. в трансформаторном масле определяется в соответствии с п. 12.3., а также п. 1 ст. 6 Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях.

В случае случайного повреждения или попадания на одежду химических реагентов, содержащихся в пластиковых пробирках теста, заменить одежду и обращаться с ней как с опасными отходами. В случае попадания химических реагентов тестового набора Clor-N-Oil 50 на кожу немедленно промыть участок поражения под проточной водой. При контакте с глазами, любого из компонентов набора, промойте глаза большим количеством воды в течение 15 минут. Незамедлительно обратитесь к врачу.

## 5.2 Средства измерения:

Тестовый набор Clor-N-Oil 50, состоящий из:

1. Пробирка № 1 - пластиковая пробирка с колпачком-дозатором, содержащая серую ампулу (вверху) и голубую ампулу (внизу).
2. Пробирка № 2 - пластиковая пробирка, содержащая 7 мл буферного раствора, ампула с зелеными точками (внизу) и красно-зеленая ампула (вверху).
3. Пластиковая пипетка.
4. Стеклянная ампула в картонной гильзе и пластиковой трубе, обозначенная как «Ампула для утилизации. (рисунок 1.)»



Рисунок 1. Тестовый набор Clor-N-Oil

### 5.3 Метод измерения:

При вскрытии комплекта Clor-N-Oil следует проверить целостность пробирок и ампул, а также их комплектность.

Расположить пробирки на передних опорах коробки. (Рисунок 2)

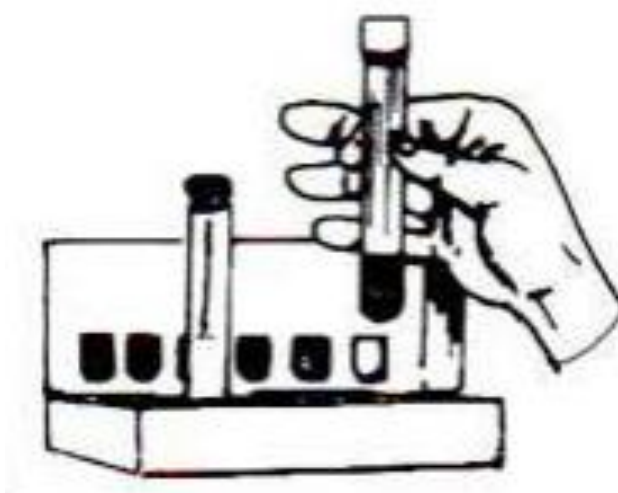


Рисунок 2. Положение пробирок.

Открыть колпачок для диспергирования с пробиркой №1. Пластиковой пипеткой набрать ровно 5 мл (до отметки) тестируемого трансформаторного масла.

Плотно закрыть крышку диспенсера.

Жидкость в пробирке № 1 должна быть примерно на 1/2 сантиметра выше отметки.

При перемещении масляной капсулы в пипетку не допускается погружать наконечник пипетки слишком глубоко, что может спровоцировать потерю масла.

Направляя пипетку в пластиковую пробирку, вставить ее до отметки 5 мл., для предотвращения попадания излишнего масла на стенки пробирки.



Рисунок 4. Соединение реагентов при вскрытии капсул.

Раздавить бесцветные ампулы внутри пробирки №1 поочередно.

В первую очередь раздавить ампулу, находящуюся у основания пробирки. По истечении 10 секунд раздавить вторую ампулу - у колпачка. (Рисунок 4.).

Встряхнуть пробирку в течение 10 сек. и оставить пробирку на 50 сек. для объединения реагентов.

В случае нарушения очередности – использовать новый комплект.

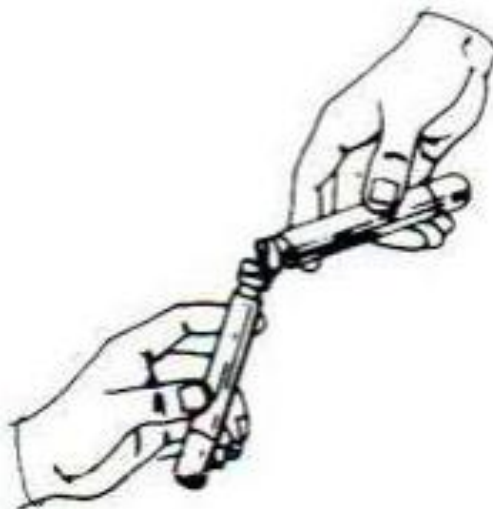


Рисунок 5. Соединение реагентов из разных пробирок.

Снять колпачки с обеих пробирок и перенести буферный раствор (рисунок 5.) от пробирки № 2 к пробирке № 1. Наклонить трубку № 2 под углом 45°, для предотвращения выскальзывания держателя иглы.

Закрывать пробирку № 1 и энергично встряхнуть в течение 10 сек. Убрать воздух внутри пробирки, повернув колпачок на пол-оборота.

Встряхнуть еще раз в течение 10 сек. и снова выпустить воздух. Поместить пробирку № 1, плотно закрыв колпачок, на опорах коробки. В случае, если через 2 мин. водный раствор не отделится от органического, значит это масло состоит из чистого полихлорированного бифенила (Рисунок 6).

Пробирка № 2 – пластиковая пробирка с маслом для определения содержания полихлорированных бифенилов.



Пробирка № 2 – пластиковая пробирка, с маслом из чистого полихлорированного бифенила.

Рисунок 6. Вид масла в пробирке

Если масло выше водного раствора, необходимо перевернуть пробирку № 1 и при помощи дозатора поместить в пробирку № 2 (до отметки 5 мл) как показано на рисунке 7.



Рисунок 7. Объединение растворов пробирок № 1 и № 2.

Плотно закрыть пробирку № 2, раздавить стеклянную ампулу у основания (которая содержит 3% нитрата ртути). По истечении 10 секунд раздавить во вторую – ампулу у колпачка.

Встряхнуть пробирку в течение 10 сек. и оценить результат окрашивания раствора.

## 6 Правила утилизации использованных комплектов.

Тест предназначен для проведения тестирования трансформаторного масла или нефтесодержащих продуктов, и не предназначен для тестирования других типов жидкостей.

Пробирки № 1 и № 2 могут содержать остаточные полихлорированные бифенилы и должны рассматриваться как отходы, содержащие полихлорированные бифенилы, если результат теста положительный.

В случае если результат теста отрицательный, использованные тестовые наборы подлежат утилизации как опасные отходы ввиду наличия в них ртути.

## 7 Определение процессов, приводящих к возможному перекрестному загрязнению полихлорированными бифенилами

Трансформаторы, содержащие отметку производителя «не содержит полихлорированные бифенилы», не являются абсолютно безопасными и требуют проведения проверки, в случае если ранее осуществлялось техническое обслуживание включающим в себя слив и (или) дозаправку масла. Известны факты использования масел с содержанием полихлорированных бифенилов при плановой или внеплановой замене масел в таких трансформаторах.

Учитывая отсутствие обязательного определения содержания полихлорированных бифенилов в трансформаторном масле оборудования, направленного на ремонт и техобслуживание, существует вероятность перекрестного загрязнения полихлорированными бифенилами.

Загрязнение масел и трансформаторов возможно в момент слива трансформаторных масел в емкости для временного хранения (к примеру, во время ремонта трансформаторов), а также при использовании оборудования по регенерации масла для очистки, осушки и дегазации масел с содержанием полихлорированных бифенилов.

Основные процессы, приводящие к возможному перекрестному загрязнению полихлорированных бифенилов:

Дозаправка, слив, ремонт трансформаторного масла из оборудования.

Простой ремонт трансформаторов, наполненных минеральным маслом, выполняемый собственными силами предприятия.

Хранение в единой емкости всего отработанного трансформаторного масла.

## 8 Перечень типов, марок и характеристик оборудования, подлежащих исследованию.

Силовые трансформаторы классифицируются:

- по условиям работы - на трансформаторы, предназначенные для работы в нормальных и специальных условиях;

- по виду изолирующей и охлаждающей среды - на масляные и сухие трансформаторы, трансформаторы, заполненные негорючим жидким диэлектриком, трансформаторы с литой изоляцией;
- по типам, характеризующим назначение и основное конструктивное исполнение (однофазные или трехфазные, и РПН, ПБВ и т.д.)

При проведении оценки возможного перекрестного загрязнения электротехнического оборудования, не имеющего в своем составе полихлорированных бифенилов, исследуются масляные трансформаторы - в соответствии с приложением 3.

## 9 Условия безопасного проведения работ

9.1 При выполнении анализов необходимо соблюдать требования техники безопасности при работе с химическими реактивами согласно требованиям ГОСТ 12.4.021.

9.2 Электробезопасность при работе с электроустановками соблюдается согласно требованиям ГОСТ 2.1.019.

9.3 Организация обучения работающих безопасности труда осуществляется согласно требованиям ГОСТ 12.0.004.

9.4 Содержание вредных веществ в воздухе не должно превышать установленных предельно допустимых концентраций в соответствии с ГОСТ 12.1.005 -88.

9.5 Соблюдать, общие требования пожарной безопасности к содержанию и эксплуатации капитальных строений (зданий, сооружений), изолированных помещений и иных объектов, принадлежащих субъектам хозяйствования, утвержденные Декретом Президента Республики Беларусь от 23.11.2017 № 7.

9.6 Состояние воздуха рабочей зоны должно соответствовать требованиям действующих санитарных норм и правил и гигиенических нормативов, утвержденных постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 11.10.2017 № 92 «Санитарные нормы и правила «Требования к контролю воздуха рабочей зоны».

## 10 Требования к организации и осуществлению скрининга электрооборудования на предмет выявления полихлорированных бифенилов

10.1 Организация, осуществляющая скрининг электрооборудования на предмет выявления полихлорированных бифенилов, должна соответствовать следующим требованиям:

Предприятие, осуществляющее скрининг оборудования на предмет возможного перекрестного загрязнения полихлорированными бифенилами, должно иметь штат специалистов с квалификацией сотрудников как инженера-химика, техника-химика, эколога и (или) инженера-эколога, владеющие техникой анализа полученных данных;

организация проводящая скрининг, должна обладать достаточным количеством тестовых наборов Clor-N-Oil 50 в соответствии с количеством оборудования, подлежащего исследованию;

при проведении скрининга на предприятии, подлежащем исследованию, должно присутствовать не менее двух специалистов, проводящих тестирование с использованием тестового набора Clor-N-Oil 50;

во время проведения теста, специалисты организации, осуществляющие скрининг, должны иметь средства индивидуальной защиты согласно п. 12.1.

## 10.2 Порядок действий при проведении скрининга на предприятии.

### 10.2.1 Работа на предприятии в период проведения скрининга:

выявление типов, видов и марок эксплуатируемого и (или) находящегося на хранении трансформаторного оборудования и описание условий его содержания;

фиксирование информации о площадке, на которой расположено исследуемое оборудование (полное наименование юридического лица, наименование структурного подразделения, юридический адрес предприятия, территория нахождения структурного подразделения, контактный телефон и др.);

ознакомление сотрудников предприятия осуществляющих техническое обслуживание о факторах и причинах возникновения перекрестного загрязнения полихлорированными бифенилами чистого оборудования и масел;

сбор информации о возможных утечках трансформаторного масла, наличии контейнеров и установок по очистке масел.

10.2.2 При проведении скрининга организацией, осуществляющей техническое обслуживание трансформаторов, должны учитываться и быть документально зафиксированными следующие аспекты:

наличие журналов обслуживания трансформаторов;

наличие документов, подтверждающих обезвреживание трансформаторных масел.

## 11 Требования к квалификации

К работе допускаются лица старше 18 лет, имеющие квалификацию инженера-химика или техника-химика, имеющие опыт работы и владеющие техникой анализа, прошедшие инструктаж по охране труда (Постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 28.11.2008 № 175 (ред. от 24.12.2013) «Об утверждении Инструкции о порядке обучения, стажировки, инструктажа и проверки знаний, работающих по вопросам охраны труда»)

## 12 Условия измерений

12.1 При отборе проб должны быть соблюдены следующие условия:

Использование средств индивидуальной защиты, устойчивых к полихлорированным бифенилам, обязательно для каждого случая контакта оператора с маслом, содержащим полихлорированные бифенилы. Выбор соответствующих средств индивидуальной защиты зависит от задач и их длительности. Средства индивидуальной защиты включают следующее:

- перчатки,
- бахилы,
- защитные комбинезоны и фартуки,
- защитные очки с боковой защитой,
- химически стойкие очки или защитные щитки.

При обращении с жидкостями, содержащими полихлорированные бифенилы, использовать непроницаемые защитные комбинезоны, изготовленные из таких материалов, как бутилкаучук, неопрен, нитриловый каучук, пвс, вайтон, саранекс или тефлон (не обычная резина (латекс) или поливинилхлорид (пвх)).

Средства респираторной защиты против органических паров, полнолицевая маска с картриджем или кассетой, подходящей для использования при работе с полихлорированными бифенилами. Средства индивидуальной защиты необходимо использовать при обращении с температурой выше 550 С°, когда значительный объем полихлорированных бифенилов высвобождается в атмосферу или в случае отсутствия соответствующей вентиляции,

В случае пожара в присутствии полихлорированных бифенилов необходимо носить автономный дыхательный аппарат.

Необходимо тщательно вымыть руки теплой водой и мылом, моющим средством или промышленным очищающим средством для рук до еды, питья, курения или с использованием гигиенических принадлежностей.

## 12.2 Подготовка и проведение измерений.

Отбор пробы необходимо осуществить после отсоединения оборудования от сети электроснабжения. Отсоединение трансформатора означает также отсоединение оборудования, которому трансформатор подает электричество. В случае, если оборудование участвует в производственном процессе, отсоединение трансформатора приведет к приостановлению работы и убыткам. В таком случае трансформатор отсоединяется в периоды, когда оборудование не используется, например, при переустановке оборудования, к которому присоединен трансформатор.

Необходимо следовать следующей процедуре отбора проб:

Проба берется:

- предпочтительно из нижнего слива, если таковой имеется на оборудовании; из расширительного бачка оборудования, в случае отсутствия нижнего слива или его труднодоступности; если трансформатор был отсоединен от питания более 72 часов, проба должна быть взята со дна, т.к. полихлорированные бифенилы обладают большей плотностью, и опускаются на дно при длительном стоянии.

При отборе пробы из нижнего слива необходимо следовать следующим процедурам:

- Подставить поддон под кран слива для предотвращения разлива масла на поверхность;
- Сразу после взятия пробы промаркировать бутылку для образца (чтобы избежать путаницы с образцами в случае отбора проб одновременно с нескольких трансформаторов).

Этикетка должна содержать следующую информацию:

- об идентификационном номере;
- о дате отбора пробы;
- подпись ответственного лица.



Нужное количество масла сливается в бутылку для образца, объем зависит от типа анализа (если необходимо лишь определить содержание полихлорированных бифенилов в масле, то берется проба масла 30 мл, а для безопасной транспортировки используется пузырек, изготовленный из прочного стекла).

Необходимо аккуратно затянуть крышку.

До отбора пробы из нижнего слива, специалисты должны оценить состояние сливного крана и безопасность отбора пробы. Проба с трансформатора может быть взята из расширительного бачка при помощи ручного насоса или шприца со шлангом (чтобы избежать перекрестного загрязнения проб, для каждого трансформатора нужно использовать отдельный ручной насос или шприц со шлангом).

В случае опорожненного не идентифицированного трансформатора проба берется из нижнего слива, после слива некоторое количество масла остается в пористых материалах и может выщелачиваться в последующие дни после слива в несколько литров масла на дне трансформатора.

Если уровень масла находится ниже слива, нужно повернуть трансформатор под углом по направлению к сливу, чтобы уровень масла достиг уровня слива для отбора пробы.

Из верхней крышки: трубками (например, из стекла или полиэтилена) проба масла берется со дна трансформатора. Если в трансформаторе не осталось масла, для анализа берется кусочек пористого материала (дерево или изоляционная бумага), или берется проба смыва внутренней металлической поверхности.

### 12.3 Обработка результатов измерений:

– образец считается загрязненным полихлорированными бифенилами при определении содержания хлора в концентрации более 50 мг/кг и рассматривается как содержащий полихлорированные бифенилы;

– содержание хлора в концентрации менее 50 мг/кг полихлорированных бифенилов рассматривается как чистый образец, не содержащий полихлорированные бифенилы. (рисунок 8.)



Рисунок 8. Определение содержания полихлорированных бифенилов в трансформаторном масле.

Результаты отбора проб и проведения измерений оформляются актом отбора проб и проведения измерений в области охраны окружающей среды (далее - акт отбора проб и проведения измерений) (Приложение 1) и заносятся в таблицу результатов измерений (Приложение 2).

Акт отбора проб и проведения измерений оформляется в двух экземплярах, составляется в день отбора проб и проведения измерений и подписывается осуществившими отбор проб и проведения измерений представителями юридических лиц или индивидуальными предпринимателями, а также присутствующим при отборе проб и проведении измерений природопользователем или его представителем с указанием должностей подписавших. При участии в отборе проб и проведении измерений представителей Минприроды или его территориального органа, акт отбора проб и проведения измерений подписывается также этими представителями. В случае отказа природопользователя или его представителя от подписания акта отбора проб и проведения измерений в нем делается соответствующая запись.

Таблица результатов измерений оформляется в срок не позднее трех рабочих дней после завершения всех измерений и согласовывается руководителем организации, проводившей анализ.

## 14 Контроль точности результатов измерений

Контроль точности результаты измерений, полученных с использованием тестовых наборов Clor-N-Oil 50, определяется согласно статьи 5.19 [7].

## 15 Нормативные и рабочие документы

1. Юфит С.С. Яды вокруг нас. Цикл лекций. Москва: Джеймс, 2001.
2. Занавескин Л.Н., Аверьянов В.А. // Успехи химии, 1998, 67 (8), сс. 788-800.
3. Ключев Н.А., Бродский Е.С. Определение полихлорированных бифенилов в окружающей среде и биоте. Полихлорированные бифенилы. Супертоксиканты XXI века. Инф. выпуск № 5 ВИНТИ, Москва, 2000, с. 31-63.
4. EN 12766-1:2000 Petroleum products and used oils - Determination of PCBs and related products - Part 1: Separation and determination of selected PCB congeners by gas chromatography (GC) using an electron capture detector (ECD) [Нефтепродукты и отработанные масла. Определение РСВ и родственных соединений. Часть 1. Разделение и определение выделенных родственных РСВ.
5. EN 12766-2:2001 Petroleum products and used oils - Determination of PCBs and related products - Part 2: Calculation of polychlorinated biphenyl (PCB) content [Нефтепродукты и отработанные масла. Определение РСВ и родственных соединений. Часть 2. Определение содержания полихлорированных бифенилов (PCB)].
6. ISO 3696 Water for analytical laboratory use - Specification and test methods (Вода, используемая для лабораторного анализа. Спецификация и методы испытаний).
7. РМГ 29-2013 Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений.

**Акт отбора проб и проведения измерений № \_\_\_\_**  
**Трансформаторные масла, потенциально загрязненные полихлорированными бифенилами**

\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
(дата составления)

\_\_\_\_\_  
(место составления)

Сведения о природопользователе:

\_\_\_\_\_  
(наименование юридического лица и его юридический адрес, вышестоящей организации (при наличии), фамилия, собственное имя, отчество (если таковое имеется) и место жительства индивидуального предпринимателя (физического лица), данные документа, удостоверяющего личность (серия (при наличии), номер, дата выдачи, наименование государственного органа, его выдавшего, идентификационный номер (при наличии), сведения о государственной регистрации индивидуального предпринимателя)

Наименование объекта и его месторасположение \_\_\_\_\_

Цель отбора проб \_\_\_\_\_

Дата и время отбора проб \_\_\_\_\_

Оборудование, используемое для отбора проб \_\_\_\_\_

Условия окружающей среды во время отбора проб \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(указываются показатели окружающей среды в месте расположения пробоотборного и измерительного оборудования)

Акт составлен в 2 экземплярах.

Экз. 1 – РУП «Бел НИЦ Экология»

Экз. 2 –

Пробы отобрали:

\_\_\_\_\_  
(должность)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(инициалы, фамилия)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

При отборе проб присутствовали:

\_\_\_\_\_  
(должность)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(инициалы, фамилия)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

СОГЛАСОВАНО

Директор

РУП «Бел НИЦ «Экология»

Р.В. Михалевич

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Таблица результатов оценки возможного перекрестного загрязнения электротехнического оборудования, не имеющего в своем составе полихлорированных бифенилов

№ п/п	Наименование организации	Адрес организации	Отраслевая принадлежность	Марка трансформаторов	Характеристика (мощность, объем трансформаторного масла и тд.)	Результат оценки возможного перекрестного загрязнения (наличие либо отсутствие полихлорированных бифенилов в образце)

Пробы отобрали:

\_\_\_\_\_  
(должность)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(инициалы, фамилия)

\_\_\_\_\_  
(должность)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(инициалы, фамилия)

## Типы, марки и характеристики оборудования, подлежащие исследованию.

Марка трансформаторов	Характеристика ( мощность, объем трансформаторного масла и др.)
1ДТ-300	7 л/ед.
2SL68/3848/51	8108 кВА
2ДТ-1-150	10 л/ед.
2ДТ-1-300	10,0 л/ед.
2ДТ-300	300 А, 13,2 л/ед.
ВМҚ	13 л/ед.
DOR 28000/110Е	10 л/ед.
КНТФ 800	10,0 л/ед.
Л1А	15 л/ед.
SFZ-40000 /110/27,5	600 А, 13,2 л/ед.
TON-2500/35	14 л/ед.
TON-3150/35	6197 кВА/
АОДЦТН-133000/330	28/10,2
АОМНЖ	
АОМНЖ-10000	8284 кВА/
АТДТН - 125000/330/110/10	40 МВА/20,5т
АТДТН-125000/330	2,5/1,74
АТДЦТН - 200000/330/110/10	3,15/3,35
АТДЦТН-125000/220	133/152
АТДЦТН-125000/220/110	10000 кВА/ 7100кг
АТДЦТН-125000/330	10 МВА/5470 кг
АТДЦТН-125000/330/110	125/68,6
АТДЦТН-200000/330	125/66,4
АТДЦТН-200000/330/110	200/80
ДТ-0,6-500	125/48
ДТ-1-150	125/64
ДТ-1-300	125/ 66,4
ЗНОМ	250/155
ЗНОМ 1,25/27,5	200/90
ИОМ	200/80
КТП 250/27,5	29 л/ед.

Марка трансформаторов	Характеристика ( мощность, объем трансформаторного масла и др.)
КТП 630	6,5 л/ед.
КТПН 2500	150 А, 7 л/ед.
ЛТДН-63000/35	6,5 л/ед.
ЛТМН-16000/110	7 л/ед.
НКФ-110-57 У1	150 А, 7 л/ед.
НОМ-10-66	4 кВА/20 кг
НТМИ	2,5 кВА/20 кг
ОДЦЭ-5000/255-02	1,25 кВА/20 кг
ОДЦЭР-1600/ 25А-У1	1,25 кВА/20 кг
ОМ	25 кВА/150 кг
ОМ 10/10	400 кг
ОМ 2,5/10	630КВА
ОМ 4/10	2500КВА
ОМ1,25/10	63/31,26
ОМЖ	32/21,2
ОМЖ 10/27,5	масса масла 155 кг
ОРДНЖ-16000	630 кВА/7 кг
ОРДНШ	
ОЦР-1000/ 25А-У1	4485 кВА/
Т DOR 28000/110Е	965 кВА/800 кг
ТАМ-1800/35	1,25 кВА/10кг
ТАМ-750/10	2,5 кВА/18кг
ТАМГ-2500/110	4 кВА/54кг
ТД-40000/110	10 кВА/50кг
ТДН-10000/110	
ТДН-10000/110/10	10 кВА/26 кг
ТДН-16000/110	2,5 кВА/21 кг
ТДН-16000/110/10	4 кВА/32 кг
ТДН-16000/110/10	1,25 кВА/10 кг
ТДН-25000/110	10 кВА/110кг
ТДН-80000/110 ВМ У1	10 кВА/110 кг
ТДНГ-20000/110	16 МВА/ 12820 кг
ТДНС-10000/10	16000 кВА/ 12925кг

<b>Марка трансформаторов</b>	<b>Характеристика ( мощность, объем трансформаторного масла и др.)</b>
ТДНС-10000/35	965 кВА/800 кг
ТДНС-10000/35 У1	28/10,2
ТДТН-10000/110	1,8/3,13
ТДТН-10000/110/35/10	750кВА,1550кг
ТДТН-10000/110/35/10	25/ 30,7
ТДТН-16000/110	40/17
ТДТН-16000/110/35/10	10/53,75
ТДТН-20000/110	60/62,52
ТДТН-25000/110	10/10,1
ТДТН-25000/110/35/10	10/16,8
ТДТН-40000/110	16/17,115
ТДТН-63000/110	32/36,21
ТДТН-80000/110-У1	16/12,5
ТДТНГ-15000/100	16/15,67
ТДТНГ-15000/110	16/15,3
ТДТНЖ	16/12,67
ТДТНЖ, ОРДНЖ, ТДНЖ, ТДН, ТМЖ, ОМЖ, АОМНЖ, НКФ, ТМ, ЗНОМ, ОМ	16/15,582
ТДТНЖ-40000/110/27,5	25/8,73
ТДЦ-180000/110-У1	80/25,22
ТДЦ-63000/110-У1	80/17,7
ТМ	20/17,6
ТМ 100	10/6,6
ТМ 100/10	10/16,12
ТМ 1000	10/8,2
ТМ 1000/10	10/42,72
ТМ 1000/10У1	50/81,57
ТМ 1000/6	10/14,8
ТМ 160	10/16,8
ТМ 160/10	10/20,25
ТМ 1600	10/12,9
ТМ 1600/10	10/21,4
ТМ 25/10	10/14,8
ТМ 25/10-86у1	16/14,4
ТМ 250	48/52,26
ТМ 250/10	16/26,2
ТМ 250/10-0,4	16/21,03
ТМ 2500/10	16/26,2

<b>Марка трансформаторов</b>	<b>Характеристика ( мощность, объем трансформаторного масла и др.)</b>
ТМ 3/630/10	20/31,2
ТМ 40/10	25/52,34
ТМ 400	25/22,1
ТМ 400/10	25/20,2
ТМ 400/6	40/23,2
ТМ 560/6	63/58
ТМ 63/10	80/30,12
ТМ 630/10	15/27,2
ТМ 630/10-04	15/27,2
ТМ 630/6	40000 кВА/ 27171кг
ТМ 750	25000 кВА/ 23000кг
ТМ, ТМГ	276 т
ТМ, ТМГ, ТМЖ, ОМ, ОМГ, ОМЖ, ТДТНЖ, ТДТНЭ, SFSZ, ETR	40 МВА/22,8т
ТМ, ТМГ, ТСМА	180/25,6
ТМ-100	63/15,44
ТМ-1000	63 кВА/160кг
ТМ1000/10	100 кВА/210кг
ТМ-1000/10	180 кВА/240кг
ТМ-1000/10/0.4	250 кВА/375кг
ТМ-1000/35/10	160 кВА/276кг
ТМ-160	400 кВА/490кг
ТМ-160/10/0,4	630 кВА/720кг
ТМ-1600/35	1000 кВА/ 1540кг
ТМ-1600/35/10	25 кВА/115кг
ТМ-1600/35/10	40 кВА/150кг
ТМ-1600-10/04	100 кВА, 154 кг
ТМ-1800/35	100 кВА/120 кг
ТМ-1800/35/6	1000кВА/1100кг
ТМ-25	1000кВА950кг
ТМ-25/10	1ВП710908-07/1110КГ
ТМ-25/10/0,4	1000кВА/1232
ТМ-250	1000кВА/1000кг
ТМ250/10	1000КВА
ТМ-250/6	
ТМ-2500/10/6	1072 кг
ТМ-2500/110	1000 кВа
ТМ-2500/35	6660 кВА
ТМ-2500/35	1000кВА/1332кг

<b>Марка трансформаторов</b>	<b>Характеристика ( мощность, объем трансформаторного масла и др.)</b>
TM-2500/35/10	1000кВА
TM-2500/35/10	160 кВА, 200 кг
TM-2500/35/10	160 кВА/175 кг
TM-30	1600кВА/1400кг
TM3-1000/10	1600 кВА/1400 кг
TM-3-1000/10	25 кВА/63 кг
TM3-1000/10/0.4	25кВА/115кг
TM3-630/10/0.4	250 кВА, 270 кг
TM-40/10	250кВА/205кг
TM-400	250 кВА/225 кг
TM400/10	250кВА/375кг
TM-400/10	2500кВА
TM-4000/35	728 кВА
TM-4000/35/10	40 кВА/85 кг
TM-4000/35/10	400 кВА, 330кг
TM-63	400 кВА/342 кг
TM-630	
TM630/10	400кВА
TM630/10/04	560кВА
TM-6300	63 кВА/125 кг
TM-63-10	630кВА/1060кг
TM-750/10	630кВА/700КГ
TMB 630/10-84У1	630кВА/700
TMB-1000	630кВА/720кг
TMBГ 250/10У1	630 кВА/500 кг
TMBГ 400/10У1	
TMBM 1000/10	630 кВа
TMBM 1000/10-82У1	630кВА/1060кг
TMBM-1000	630кВА
TMBM-1000/10-81У1	750кВА/650кг
TMBT 1000/10-82У1	1000 кВА
TMГ	512 т
TMГ 100	400 л –
TMГ 100/10	100 кВА; 170 кг
TMГ 1000/10	100 кВА; 210 кг
TMГ 11 1600/10	100 кВА; 210 кг *2
TMГ 11-100 10/04	1000кВА/8550кг
TMГ 11-1600	1000кВА,950кг
TMГ 12 100/10	1000 кВА; 1100 кг

<b>Марка трансформаторов</b>	<b>Характеристика ( мощность, объем трансформаторного масла и др.)</b>
TMГ 12 630/10	1000кВА,1100кг
TMГ 12-1250	1000 кВА
TMГ 12-250/10	1000кВА,1360кг
TMГ 12-400/10	
TMГ 12-630/10	1,0/2,9
TMГ 12-630/10	160кВА/825кг
TMГ 12-630/10У	160кВА,285кг
TMГ 160	160 кВА; 250 кг *4
TMГ 160/10	160 кВА; 205 кг
TMГ 160/10/0.6	1,6/9,72
TMГ 1600/10/0.5	8/10,77
TMГ 25/27,5	1,6/2,43
TMГ 250	1,6/2,43
TMГ 250/10	1,6/3,08
TMГ 400	1,6/2,43
TMГ 400/10	1,6/2,72
TMГ 63/10	1,6/2,43
TMГ 630	1600кВА,1900кг
TMГ 630/10	1,8/3,13
TMГ 630/10/0.4	1,8/3,13
TMГ 11-1000/10	1,8/3,13
TMГ 11-630/10	25 кВА; 67 кг
TMГ100/10	25 кВА; 69 кг
TMГ-1000	25 кВА; 71 кг
TMГ-1250	60 кг
TMГ-160	250 кВА; 225 кг
TMГ-160/10	250 кВА; 232 кг *2
TMГ-250	250кВА/240 кг
TMГ-250/10/0,4	250 кВА; 225 кг *2
TMГ-400	2,5/2,43
TMГ400/10	43952 кВА
TMГ-400/10	2,5/25,436
TMГ-63/10	17,5/17,324
TMГ-630	2,5/2,48
TMГ630/10У	2,5/2,24
TMГ-630/10У1	2,5/3,542
TMГМШ	2,5/3,542
TMГСУ 11-100/10	2,5/6,608
TMГСУ 25	2,5/2,48

<b>Марка трансформаторов</b>	<b>Характеристика ( мощность, объем трансформаторного масла и др.)</b>
ТМГСУ 11-250/10	2,5/3,542
ТМЖ	2,5/2,58
ТМЖ 100/27,5	2,/2,58
ТМЖ 25/27,5	2,5/2,48
ТМЖ 400/27,5	2,5/2,212
ТМЖ-250/27,5	30 кВА; 63 кг
ТМЖ-400/27,5	
ТМЗ 630/10	
ТМЗ 1000/10	
ТМЗ 1000/10 4У1	
ТМЗ 1000/10-72У1	40 кВА; 155 кг
ТМЗ 1600/10	400кВА,480кг
ТМЗ 1600/10/0.4	400 кВА; 410 кг *4
ТМЗ 2500/10	400 кВА
ТМЗ 2500/10/0.4	400кВА/350 кг
ТМЗ 400/10	630 кВА/550 кг
ТМЗ 630/10	400 кВ*А; 570 кг
ТМЗ 630/10-74у1	400 кВА; 430 кг *2
ТМЗ-1000	400 кВА; 410 кг
ТМЗ1000/10	4/12,02
ТМЗ1000/10-72У1	8/8,2
ТМЗ-1000/10-72У3	4/3,82
ТМЗ-1000/10-75У3	4/3,03
ТМЗ-1000/10-84У1	4/2,65
ТМЗ-1000/10УХЛ-4	4/3,03
ТМЗ-1600	63 кВА; 170 кг
ТМЗ-250/10	63 кВА; 110 кг
ТМЗ-400	630кВА/2220кг
ТМЗ-400/10	63кВА/330кг
ТМЗ-630	63кВА,672кг
ТМЗ630/10	630 кВА; 550 кг *2
ТМЗ-630/10	630 кВА; 697 кг
ТМЗ630/10-74У1	630 кВА
ТМЗ-630/10-74У1	630кВА,770кг
ТМН- 4000/35	6300кВА/9500кг
ТМН-1600/35	63 кВА; 100 кг
ТМН-1600/35	750,770кг
ТМН-1600/35/6	630кВА/380кг

<b>Марка трансформаторов</b>	<b>Характеристика ( мощность, объем трансформаторного масла и др.)</b>
ТМН-1800/35/6	1000кВА,1050кг
ТМН-2500/110	25кВА/265кг
ТМН-2500/35	400кВА/395кг
ТМН-4000/35	1000кВА1050кг
ТМН-6300/110	1000кВА,1050кг
ТМН-6300/110/10	1000кВА,1050кг
ТМН-6300/35	1000кВА940кг
ТМПУ-6300/10	400 кВА/780кг
ТМРМ 160/10	250 кВА/615кг
ТМРМ 250/10	630 кВА/1170кг
ТМРМ 630/10	63 кВА/250кг
ТМТН-10000/110/35/10	100 кВА/340кг
ТМТН-6300/110	1000 кВА/ 720кг
ТМТН-6300/110/35/10	25 кВА/65кг
ТМТН-6300/110/35/10	40 кВА/88кг
ТМТО80/038-У1	160 кВА/210кг
ТМФ 400/10	100 кВА, 150 кг
ТМФ 630/10	100 кВА/120 кг
ТМФ-400	1000 кВА/510 кг
ТМФ-630/10УХЛ-4	2020 кВА
ТНЗ 1600/10/ 71У3	100 кВА; 120 кг
ТОН-1000/10	1600кВА/1170кг
ТОНа-800	1000 кВА
ТРДН-25000/110	630 кВА
ТРДН-25000/110 У1	1250кВА/875кг
ТРДН-40000	225 кг
ТРДН-40000/110	400 кВА; 325 кг *4
ТРДПТ	325 кг
ТСЗ 1000	630кВА/440кг
ТСЗ 1250	440 кг
ТСЗУ 1000/10	
ТСМА 320/10-04	160 кВА, 185 кг
ТСМА-100	160 кВА/175 кг
ТФНД-110М	160 кВА ,260кг
УТМРУ-6300/10	1600 кВА ,910кг
ЭОМП 2000/10	25 кВА/63 кг
ЭТДЦН-3200/10	250 кВА, 270 кг