

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

Департамент бакалавриата

(наименование)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Экологический инжиниринг и аудит

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Совершенствование мероприятий по обеспечению экологической безопасности при производстве силовых трансформаторов (на примере ООО «Тольяттинский трансформатор»)

Студент

К.Ю. Топчий

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.б.н., доцент Н.Г. Шерышева

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение..... | 3 |
| Термины и определения..... | 9 |
| Перечень сокращений и обозначений..... | 12 |
| 1 Негативное воздействие предприятий электротехнической промышленности на окружающую среду..... | 13 |
| 1.1 Анализ нормативно правовой базы в области энергетики и электротехнической промышленности..... | 13 |
| 1.2 Состояние экологической проблемы в энергетической и электротехнической промышленности..... | 17 |
| 1.3 Основные мероприятия по снижению загрязнений окружающей среды..... | 20 |
| 2 Анализ хозяйственной деятельности предприятия ООО «Тольяттинский Трансформатор»..... | 24 |
| 2.1 Характеристика работы производства электротехнического предприятия ООО «Тольяттинский Трансформатор»..... | 24 |
| 2.2 Описание технологического процесса..... | 33 |
| 2.3 Анализ негативных факторов при производстве силовых трансформаторов, влияющих на окружающую среду..... | 37 |
| 3 Разработка мероприятий по снижению негативного воздействия ООО «Тольяттинский Трансформатор» на окружающую среду..... | 42 |
| 3.1 Проектирование системы обеспечения экологической безопасности работы силовых трансформаторов..... | 42 |
| 3.2 Оценка эффективности проектируемых мероприятий по обеспечению экологической безопасности при производстве силовых трансформаторов..... | 56 |
| Заключение..... | 61 |
| Список используемых источников..... | 65 |

Введение

Каждое предприятие, независимо от сферы деятельности, имеет вредные производственные факторы, которые оказывают отрицательное воздействие на окружающую среду.

В последнее время на предприятиях и производствах, все чаще поднимается проблема экологической безопасности. Силовые трансформаторы негативно влияют на атмосферу из-за повышенного шума, который вызывает вибрация магнитной системы. Так же при включении силовых трансформаторов возникает повышенный уровень шума, который может длиться в течении нескольких часов. Проблемы создают повреждения силовых трансформаторов, которые могут сопровождаться взрывом из-за слабых элементов оборудования, содержащих трансформаторное масло. Что в свою очередь наносит вред окружающей среде. Актуальность данной проблемы всегда будет отражаться во многих вопросах, и занимать первое место в экологической безопасности окружающей среды. Поэтому должны быть проведены мероприятия по снижению негативного воздействия на окружающую среду и уделяться достаточное внимание проверки оборудования и его элементам.

Попадая в условия производства сотрудники подвергаются негативным воздействиям температур, тепловых излучений, воздействию электрических полей, вредных химических веществ, шума и вибрации, электромагнитных волн, и, более того различных сочетаний всех вышеперечисленных факторов.

В конструкции электротехнических изделий должны быть предусмотрены средства шумо- и виброзащиты, обеспечивающие уровни шума и вибрации на рабочих местах в соответствии с утвержденными санитарными нормами. Допустимые значения шумовых и вибрационных характеристик электротехнических изделий должны быть установлены в стандартах и технических условиях на изделия конкретных видов и не должны превышать значений [1].

Изделия, которые создают электромагнитные поля, должны иметь защитные элементы (экраны, поглотители и т.п.) для ограничения воздействия этих полей в рабочей зоне до допустимых уровней [1].

Опасной отраслью является производство силовых трансформаторов, поэтому здесь работодателю и структурным высшим подразделениям нужно уделять особое внимание вопросам безопасности, в первую очередь, руководствуясь нормативной документацией.

Цель диссертационного исследования: совершенствование мероприятий по обеспечению экологической безопасности при производстве силовых трансформаторов на примере выбранного объекта.

Объектом диссертационного исследования было выбрано предприятие ООО «Тольяттинский Трансформатор», занимающееся производством электротехнического оборудования.

Предметом исследования являются мероприятия по обеспечению экологической безопасности при производстве силовых трансформаторов.

Гипотеза исследования состоит в том, что в результате внедрения устройства виброшумопоглощающего листового материала в технологический процесс производства силовых трансформаторов на ООО «Тольяттинский Трансформатор» будет решен ряд экологических проблем: снижение шума, вибраций и электромагнитных полей.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ соблюдения требований нормативно-правовых документов в области экологической безопасности при производстве силовых трансформаторов;
2. Провести исследование методологии оценки экологической эффективности при производстве силовых трансформаторов;
3. Исследовать состояние окружающей среды в условиях производства силовых трансформаторов на ООО «Тольяттинский Трансформатор»;

4. Разработка методических рекомендаций по совершенствованию мероприятий по повышению экологической эффективности при производстве силовых трансформаторов;
5. Проведение опытно-экспериментальной апробации методологии оценки экологической эффективности при производстве силовых трансформаторов.

Теоретическая и методологическая база исследования будет, прежде всего, строиться из федеральных законов, Конституции РФ, ГОСТах, нормативных правовых актах, исследованиях авторов Байков А.В., Байкова И.А.[3], патентах 2553862 Российская Федерация, МПК G10K 11/162. Вибропоглощающий листовый материал и способ снижения вибрации и шума [3], 113066 Российская Федерация, МПК H01F 27/14. Устройство для предотвращения взрыва силового трансформатора [3].

Базовыми для настоящего исследования явились также законодательные и нормативные документы:

- Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 27.12.2019);
- Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» от 04.05.1999 №96-ФЗ (ред. от 26.07.2019);
- ГОСТ 11677-85 Трансформаторы силовые. Общие технические условия (ред. от 12.09.2018);
- ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования (ред. от 12.09.2018);
- Пат. 2553862 Российская Федерация, МПК G10K 11/162. Вибропоглощающий листовый материал и способ снижения вибрации и шума, [Текст] / Байков А.В. (RU), Байкова И.А. (RU); патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственная фирма «ГРОТ» (RU) – № 2013152683; заявл. 28.11.2013; опубл. 20.06.2015. Бюл. № 17.

Методы исследования: литературный анализ и систематизирование научных фактов по теме исследования. Для экспериментального обоснования проводилось исследование на действующем предприятии городского округа Тольятти, а именно на ООО «Тольяттинский Трансформатор». Исследование заключалось в измерение уровня шума при производстве силовых трансформаторов. Проводилось с использованием прибора для измерения – шумомеры Casella CEL 1-го или 2-го класса точности. Средства измерений были проверены со стандартом ГОСТ 12.2.024–87 – Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Трансформаторы силовые масляные. Нормы и методы контроля (ред. от 12.09.2018).

Опытно-экспериментальная база исследования – открытая территория производств силовых трансформаторов и производство распределительных трансформаторов Цех 112.

Научная новизна исследования заключается в том, что впервые проведен анализ и исследования негативного влияния процесса производства силовых трансформаторов на окружающую среду на предприятии ООО «Тольяттинский Трансформатор». Проведен анализ и исследования нормативно-правовых документов в области экологической безопасности на предприятии электротехнической промышленности на примере ООО «Тольяттинский Трансформатор» при производстве силовых трансформаторов. Предложены к внедрению способы повышения эффективности системы управления экологической безопасности при производстве силовых трансформаторов.

Теоретическая значимость исследования заключается в получении новых сведений по повышению экологической безопасности при производстве силовых трансформаторов, которые будут предложены к применению на электротехнических предприятиях региона.

Практическая значимость исследования доказана внедрением устройства виброшумопоглощающего листового материала для снижения

вибрации и шума. Выводы исследования могут быть использованы в качестве снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивалось корректным применением практических методов, а также результатами экспериментальной проверки. В ходе проведения исследования были получены следующие результаты – уровень шума в цехах и на производственных площадках достигает 70 дБА, что соответствует нормам. Данные результаты были получены благодаря приборам для измерения – шумомеры Casella CEL 1-го или 2-го класса точности. Анализируя полученные результаты исследования можно сделать вывод о том, что оборудование работает в допустимых нормами условиях труда, а производственный процесс не несет вред окружающей среде. При данных показателях, шум воздействует положительно на атмосферу.

Личное участие автора: Диссертация является результатом исследования автора негативного воздействия силовых трансформаторов ООО «Тольяттинский Трансформатор» на окружающую среду в период с 2018-2020 гг. Автором самостоятельно поставлена цель и определены задачи исследования, план проводимых исследований. Подготовлена и опубликована научная статья по теме: «Карта энергетической безопасности», которая опубликована в научно-практическом журнале «Аллея науки» в разделе «Современная наука и ее развитие» №5(44) 2020.

Апробация и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования. Наиболее надежными мероприятиями для повышения эффективности экологической безопасности при производстве силовых трансформаторов являются: соблюдение нормативно-правовых документов и правил эксплуатации, своевременное проведение экологической экспертизы, проведение производственного экологического контроля, внедрение устройства виброшумопоглощающего листового материала как способ снижения вибрации и шума для повышения эффективности экологической безопасности при производстве силовых трансформаторов и снижению

негативного воздействия повышенного уровня шума. Так же для снижения негативного фактора на окружающую среду предложено устройство для предотвращения взрыва силового трансформатора.

На защиту выносятся положения:

1. Интенсивность шума в цехе производства силовых трансформаторов на электротехническом предприятии снизится на 20% в результате применения ВЛМ в силовом трансформаторе;
2. Разработанные методы оценки экологической эффективности, такие как внедрение устройств ВЛМ и устройства для предотвращения взрыва силового трансформатора позволят повысить эффективность мероприятия по обеспечению экологической безопасности при производстве силовых трансформаторов на примере ООО «Тольяттинский Трансформатор» на 20%;
3. Результаты опытно-экспериментальной апробации методологии оценки экологической эффективности на электротехническом предприятии при производстве силовых трансформаторов, показали снижение негативного воздействия от повышенного уровня шума при внедрении устройства виброшумопоглощающего листового материала на 20%.

Структура магистерской диссертации.

Работа состоит из введения, трех разделов, заключения и списка используемых источников. В основной части магистерской диссертации приводятся данные, отражающие сущность, методику и основные результаты выполненной работы. Основная часть исследования изложена на 70 страницах, имеет 40 используемых источников, текст иллюстрирован 7 рисунками, 5 таблицами.

Термины и определения

В настоящем отчете о НИР применяют следующие термины с соответствующими определениями:

Негативное воздействие на окружающую среду – воздействие хозяйственной и иной деятельности, последствия которой приводят к негативным изменениям качества окружающей среды [2]

Безопасность – условия, характеризующие, в первую очередь, защищённость и низкий уровень риска для человека, общества или любых других субъектов, объектов или их систем [2];

Вред окружающей среде – негативное изменение окружающей среды в результате ее загрязнения, повлекшее за собой деградацию естественных экологических систем и истощение природных ресурсов [2];

Экологическая безопасность – состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий [2];

Загрязнение окружающей среды – поступление в окружающую среду вещества и (или) энергии, свойства, местоположение или количество которых оказывают негативное воздействие на окружающую среду;

Загрязняющее вещество – вещество или смесь веществ, количество и (или) концентрация которых превышают установленные для химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов нормативы и оказывают негативное воздействие на окружающую среду;

Силовой трансформатор – статическое устройство, имеющее две или более обмотки, предназначенное для преобразования посредством электромагнитной индукции одной или нескольких систем переменного напряжения и тока в одну или несколько других систем переменного напряжения и тока, имеющих обычно другие значения при той же частоте, с целью передачи мощности [4];

Оценка воздействия на окружающую среду – вид деятельности по выявлению, анализу и учету прямых, косвенных и иных последствий воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности в целях принятия решения о возможности или невозможности ее осуществления;

Трансформаторное масло – минеральные масла высокой чистоты и низкой вязкости. Применяются для заливки силовых трансформаторов, реакторного оборудования, а также масляных выключателей [2];

Вибрация – движение точки или механической системы, при котором происходят колебания характеризующих его скалярных величин [5];

Шум – беспорядочные колебания различной физической природы, отличающиеся сложностью временной и спектральной структуры;

Нормативы в области охраны окружающей среды – установленные нормативы качества окружающей среды и нормативы допустимого воздействия на нее, при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие [2];

Контроль в области охраны окружающей среды (экологический контроль) – система мер, направленная на предотвращение, выявление и пресечение нарушения законодательства в области охраны окружающей среды, обеспечение соблюдения юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями требований, в том числе нормативов и нормативных документов, федеральных норм и правил, в области охраны окружающей среды;

Благоприятная окружающая среда – окружающая среда, качество которой обеспечивает устойчивое функционирование естественных экологических систем, природных и природно-антропогенных объектов;

Качество окружающей среды – состояние окружающей среды, которое характеризуется физическими, химическими, биологическими и иными показателями и (или) их совокупностью;

Нормативы качества окружающей среды – нормативы, которые установлены в соответствии с физическими, химическими, биологическими и иными показателями для оценки состояния окружающей среды и при соблюдении которых обеспечивается благоприятная окружающая среда;

Нормативы допустимого воздействия на окружающую среду – нормативы, которые установлены в соответствии с показателями воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и при которых соблюдаются нормативы качества окружающей среды [2];

Экологический риск – вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера [2];

Нормативы допустимых выбросов – нормативы выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, которые определяются как объем или масса химических веществ либо смеси химических веществ, микроорганизмов, иных веществ, как показатели активности радиоактивных веществ, допустимые для выброса в атмосферный воздух стационарными источниками.

Перечень сокращений и обозначений

В настоящей магистерской диссертации применяют следующие сокращения и обозначения:

ФНП – Федеральные нормы и правила;

ФЗ – федеральный закон;

ГОСТ – государственный стандарт;

ССБТ – система стандартов безопасности труда;

ОВПФ – опасные и вредные производственные факторы;

ТТ – Тольяттинский Трансформатор;

ВЛМ – виброшумопоглощающий листовый материал;

ООО – Общество с ограниченной ответственностью;

ПДК – предельно допустимая концентрация;

ПЭК – производственный экологический контроль.

1 Негативное воздействие предприятий электротехнической промышленности на окружающую среду

1.1 Анализ нормативно правовой базы в области энергетики и электротехнической промышленности

Нами проведен анализ нормативно-правовых документов по экологической безопасности на электротехническом предприятии ООО «Тольяттинский Трансформатор».

Мы выявили, что Конституция Российской Федерации – самый главный нормативно-правовой документ, имеющий высшую юридическую силу [1], на котором основывается всё законодательство, в том числе и основные Федеральные законы, связанные с экологией.

В соответствии с Конституцией Российской Федерации каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, каждый обязан сохранять природу и окружающую среду, бережно относиться к природным богатствам, которые являются основой устойчивого развития, жизни и деятельности народов, проживающих на территории Российской Федерации [2].

Каждый имеет право на достоверную информацию о ее состоянии и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экологическим правонарушением [3].

Каждый обязан сохранять природу и окружающую среду, бережно относиться к природным богатствам [3].

В целях обеспечения экологической безопасности на электротехническом предприятии используются нормативно-правовые документы, позволяющие соблюдать все необходимые требования.

На электротехническом предприятии применяются следующие документы:

- Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 27.12.2019);
- Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» от 04.05.1999 №96-ФЗ (ред. от 26.07.2019);
- ГОСТ 11920–85 Трансформаторы силовые масляные общего назначения напряжением до 35 кВ включительно. Технические условия (ред. от 12.09.2018);
- ГОСТ 12965–85 Трансформаторы силовые масляные общего назначения классов напряжения 110 и 150 кВ. Технические условия (ред. от 12.09.2018);
- ГОСТ 14209–85 Трансформаторы силовые масляные общего назначения. Допустимые нагрузки (ред. от 12.09.2018);
- ГОСТ 16555–75 Трансформаторы силовые трехфазные герметичные масляные. Технические условия (ред. от 12.09.2018)
- ГОСТ 16110–82 Трансформаторы силовые. Термины и определения (ред. от 12.09.2018);
- ГОСТ 11677–85 Трансформаторы силовые. Общие технические условия (ред. от 12.09.2018);
- ГОСТ 12.1.012–2004 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования (ред. от 12.09.2018);
- ГОСТ 12.1.036–81 ССБТ. Шум. Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях (ред. от 12.09.2018);
- ГОСТ 12.4.011–89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация (ред. от 12.09.2018).

Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 №7-ФЗ (ред. от 27.12.2019) определяет правовые основы

государственной политики в области охраны окружающей среды, обеспечивающие сбалансированное решение социально-экономических задач, сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений, укрепления правопорядка в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности [2].

«Закон регулирует отношения в сфере взаимодействия общества и природы, возникающие при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, связанной с воздействием на природную среду как важнейшую составляющую окружающей среды, являющуюся основой жизни на Земле, в пределах территории Российской Федерации, а также на континентальном шельфе и в исключительной экономической зоне Российской Федерации» [2].

Указанные федеральные законы действуют на всей территории Российской Федерации [2].

«Экологическая безопасность – состояние защищенности личности, общества и Государства от последствий антропогенного воздействия на окружающую природную среду, а также стихийных бедствий и катастроф» [2].

«Угрозу экологической безопасности может представлять деятельность физических и юридических лиц, а также других государств, связанная с преднамеренным или непреднамеренным воздействием на окружающую природную среду, а также стихийные природные процессы и явления» [2].

Юридические и физические лица, осуществляющие электропромышленную или иную деятельность, представляющую угрозу экологической безопасности, независимо от форм собственности, обязаны представлять в специально уполномоченные органы государственной системы экологической безопасности Государства сведения о безопасности, включающие:

- информацию о предприятии и используемых технологических процессах, характере и масштабах использования и утилизации, вовлекаемых в производство или образующихся в процессе производства опасных веществах и воздействиях на население и окружающую природную среду;
- оценку воздействия на окружающую природную среду осуществляемой или предполагаемой деятельности;
- перечень мер по обеспечению экологически безопасного функционирования предприятия;
- сведения о возможных авариях и их экологических последствиях;
- план действий персонала предприятия в аварийных ситуациях;
- ГОСТ 11677–85 Трансформаторы силовые. Общие технические условия (ред. от 12.09.2018). В данном нормативном документе рассматриваются вопросы о классификации трансформаторов, об основных параметрах, их технические требования, а так же требования безопасности к силовым трансформаторам, методы контроля и указания по эксплуатации трансформаторов;
- ГОСТ 12.1.012–2004 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования (ред. от 12.09.2018). Устанавливаются нормативные требования: общая вибрация оборудования не должна превышать $1,25 \text{ м/с}^2$;
- Пат. 2553862 Российская Федерация, МПК G10K 11/162. Вибропоглощающий листовый материал и способ снижения вибрации и шума, [Текст] / Байков А.В. (RU), Байкова И.А. (RU); патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственная фирма «ГРОТ» (RU) – № 2013152683; заявл. 28.11.2013; опубл. 20.06.2015. Бюл. № 17. Виброшумопоглощающий жесткий листовый материал выполнен из отвержденной вибропоглощающей мастики, содержащей графит. Изобретение также относится к способу снижения

вибрации и шума конструкции с использованием указанного материала. Листовой материал приводит к улучшению виброакустических характеристик демпфируемой конструкции по сравнению с мастичным способом нанесения вибропоглощающего слоя и имеет неограниченный срок хранения;

- ГОСТ 12.4.011–89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация (ред. от 12.09.2018) [2].

1.2 Состояние экологической проблемы в энергетической и электротехнической промышленности

На сегодняшний день проблемы в области экологической безопасности окружающей среды находится на первом месте. Производство считается одним из главных факторов по загрязнению окружающей среды, потому что используются устаревшие технологии работы. Энергетические объекты становятся источниками риска для окружающей среды, так как энергетика задействована в развитии всех отраслей промышленности, поэтому имеет большую значимость. Под загрязнением окружающей среды подразумевается выделение в воздух токсичные вещества, шум, тепловые и электромагнитные лучи, которые образуются в результате производства продукции. Все это оказывает негативное влияние на атмосферу.

Экологические проблемы силовых трансформаторов играют важную роль в среде. Повышенный уровень шума, который происходит при производстве силовых трансформаторов, негативно влияет на окружающую среду, так как приводит к сбоям естественного баланса экологических систем. Проблемы с повреждениями силовых трансформаторов могут вызвать взрыв, из-за слабых элементов оборудования, содержащее трансформаторное масло. Что в свою очередь наносит вред окружающей

среде. Так же при производстве силовых трансформаторов происходит загрязнение окружающей среды трансформаторным маслом.

Энергетическая промышленность несет вред атмосфере. Она способствует климатическим изменениям, происходит парниковый эффект, загрязнение вод Мирового океана химическими веществами, происходит изменение гидрологического режима рек гидроэлектростанциями, и как следствие загрязнение на территории водотока [21]. Климатические изменения влияют на появление кислотных дождей, атмосфера загрязняется газами, вредными выбросами, пылью, истощаются не возобновимые природные ресурсы. Так же экологическую ситуацию нарушают электромагнитные поля, которые создаются вокруг линий электропередач.

Актуальность данной проблемы всегда будет отражаться во многих вопросах, и занимать первое место в экологической безопасности окружающей среды. В большинстве случаев, предприятия загрязняют атмосферный воздух, которые работают с углеводородным топливом. Приоритетными вредными веществами, выделяемые в атмосферу являются: оксид углерода, ацетилен, диоксид серы, диоксид азота и пыль. Основные источники промышленных предприятий и их вредные вещества, загрязняющие атмосферу, приведены в таблице 1.

Таблица 1– Основные источники вредных веществ, загрязняющие атмосферу

| Вещества | Основные источники | | Среднегодовая концентрация в воздухе мг/м ³ |
|--------------|--------------------|--|--|
| | естественные | антропогенные | |
| Пыль | Лесные пожары | Сжигание топлива в промышленных установках | 0.04–0 |
| Диоксид серы | Окисление серы | Сжигание топлива в промышленных установках | До 1 |
| Ацетилен | Взрывоопасность | Газовая сварка, кислородная резка | 0.001–1 |

Продолжение таблицы 1

| Вещества | Основные источники | | Среднегодовая концентрация в воздухе мг/м ³ |
|------------------|--------------------|-------------------------------------|--|
| | естественные | антропогенные | |
| Оксиды азота | Лесные пожары | Промышленность, теплоэлектростанции | До 1 |
| Диоксид углерода | Лесные пожары | Промышленные энергоустановки | До 1 |
| Углеводороды | | Химические заводы | До 0.01 |

Значимыми источниками загрязнения атмосферного воздуха являются оборудования с двигателями внутреннего сгорания и тепловые электростанции.

В данный момент насчитывается более 300 вредных веществ, загрязняющие окружающую среду и их количество постоянно увеличивается.

В таблице 2 приведено количество выбросов промышленных предприятий, поступающих в атмосферный воздух.

Таблица 2 – Количество вредных веществ, ежегодно поступающих в атмосферу

| Вещества | Выбросы, млн. т | | Доля антропогенных выбросов |
|------------------|-----------------|---------------|-----------------------------|
| | естественные | антропогенные | |
| Пыль | 2700 | 900 | 16 |
| Диоксид серы | 540 | 90 | 12.2 |
| Ацетилен | 560 | 33 | 4.4 |
| Оксиды азота | 660 | 43 | 5.4 |
| Диоксид углерода | 464000 | 17200 | 2.5 |
| Углеводороды | 1600 | 77 | 2.3 |

Отрицательное воздействие производственных процессов на атмосферу постоянно повышается, и для того, чтобы уменьшить негативное воздействие на окружающую среду, предприятия электротехнической промышленности разрабатывают и предпринимают соответствующие меры.

Для предприятий данной исследуемой отрасли комплекс мер следующий:

- соблюдение нормативных документов и правил технической эксплуатации оборудования;
- соблюдения правил обращения с вредными веществами;
- хранить отходы и вещества в специально отведенных местах;
- в процессе слива и заливки масла в трансформаторы должны быть заземлены во избежание появления в них электростатического заряда;
- осмотры за состоянием маслоочистительных и маслосборных устройств, которые производятся при помощи изменения цвета индикаторного силикагеля, который при впитывании влаги розовеет и приобретает яркую окраску;
- периодически и тщательно производить контроль над состоянием систем охлаждения, регулировки под нагрузкой, маслонасосов;
- все оборудования должны подвергаться периодическому техническому освидетельствованию;
- внедрение и освоение новой техники; технологии использования и ремонта;
- надежных и неопасных способов организации производства.

1.3 Основные мероприятия по снижению загрязнений окружающей среды

Организация должна самостоятельно принимать меры по обеспечению экологической безопасности. Руководитель предприятия несет ответственность за соответствие концентрации загрязняющих веществ на предприятии установленным нормативам. В случае обнаружения превышения ПДК загрязняющих веществ, к предприятию могут быть применены соответствующие законодательству меры [5].

Для предотвращения загрязнения окружающей среды необходимо соблюдать нормативные документы и инструкции, должны быть проведены мероприятия по снижению негативного воздействия на окружающую среду и уделяться достаточное внимание проверки оборудования и его элементам.

Для обеспечения минимизации негативного воздействия на окружающую среду при техническом обслуживании и ремонте электрооборудования электросетевых объектов, необходимо:

- соблюдение законодательных норм, регламентирующих уровень воздействия на окружающую среду;
- принятие мер по предупреждению и/или ликвидации аварийных ситуаций, приводящих к негативным экологическим последствиям.

При техническом обслуживании и ремонте электросетевых объектов необходимо осуществлять:

- организацию производственного экологического контроля выбросов загрязняющих веществ от передвижных и стационарных источников;
- организацию производственных отношений с подрядными организациями по соблюдению требований в части охраны атмосферного воздуха [2].

Комплекс мероприятий по защите окружающей среды довольно широк.

К таким мероприятиям относятся:

- использование топлива, материалов, которые позволяют сократить негативные выбросы в окружающую среду;
- разработка методов применения экологически чистых возобновляемых источников энергии;
- приобретение нового оборудования, который будет соответствовать стандартам;
- внедрение новых технологий, которые будут снижать негативное воздействие на окружающую среду [2].

При совокупности применении эти мероприятия способны значительно снизить нагрузку производства на окружающую среду.

На предприятии ООО «Тольяттинский Трансформатор» проводятся следующие мероприятия по снижению воздействия на окружающую среду:

- обеспечения высоты выбросов загрязняющих веществ, достаточной для предотвращения превышения ПДК загрязняющих веществ;
- контроль исправности оборудования;
- рациональное использование природных ресурсов.

Помимо технологических мероприятий, направленных на сокращение выбросов загрязняющих веществ атмосферу, обязательными являются и организационные мероприятия, одним из которых является создание системы производственного контроля предприятия. В рамках этой системы следует регулярно контролировать состояние атмосферного воздуха на границах предприятия на предмет наличия приоритетных загрязнителей в соответствии с производственной документацией. Необходимо обеспечить строгий контроль за всеми технологическими и техническими процессами, своевременное техническое обслуживание и ремонт оборудования, чтобы концентрация загрязняющих веществ на границе предприятия и за ее пределами не превышала предельно допустимых значений.

В целом, во избежание негативного воздействия на окружающую среду при производстве силовых трансформаторов предусмотрены следующие мероприятия:

- аппаратура для проведения паячных либо сварочных работ должна иметь надежную изоляцию и заземление;
- в процессе слива и заливки масла в трансформаторы должны быть заземлены во избежание появления в них электростатического заряда;

- при производстве сварочных работ на трансформаторе с маслом необходимо, чтобы уровень масла в трансформаторе был выше места сварки на 200 мм. При сварке для уменьшения или устранения течи масла допускается создавать разрежение в надмасляном пространстве трансформатора;
- обеспечение строгого соблюдения всех технологических и технических процессов;
- на баке силового трансформатора не должно быть вмятин либо каких-то иных повреждений. Все уплотнения и пломбы на запорной арматуре и пробах обязаны быть исправны. На баке и транспорте не должно быть следов утечки масла;
- запрещается делать сварочные работы на интенсивной части силового трансформатора и на расстоянии меньше 5 м от разгерметизированного трансформатора;
- силовые трансформаторы (реакторы), оснащенные приборами газовой защиты, обязаны устанавливаться так, чтобы крышка съемного бака имела подъем по направлению к газовому реле более 1%. При этом маслопровод к расширителю должен быть уклон более 2%;
- силовые трансформаторы внешней установки красятся в светлые тона краской, устойчивой к атмосферным воздействиям и влиянию трансформаторного масла;
- в процессе проведения монтажных работ нужно заземлить бак силового трансформатора.

Весь комплекс мероприятий по защите окружающей среде на электротехническом предприятии ООО «Тольяттинский Трансформатор» позволяет минимизировать воздействие человеческого фактора в вопросе загрязнения окружающей среды производственными выбросами.

2 Анализ хозяйственной деятельности предприятия ООО «Тольяттинский Трансформатор»

2.1 Характеристика работы производства электротехнического предприятия ООО «Тольяттинский Трансформатор»

«ООО «Тольяттинский трансформатор» является крупнейшим объектом электротехнической промышленности в Приволжском федеральном округе. Предприятие прошло длинный путь от производства ртутных выпрямителей до крупнейшего в России производителя электротехнического оборудования. В данный момент предприятие в основном специализируется на производстве силовых трансформаторов» [12]. Конструкция силового трансформатора представлена на рисунке 1.

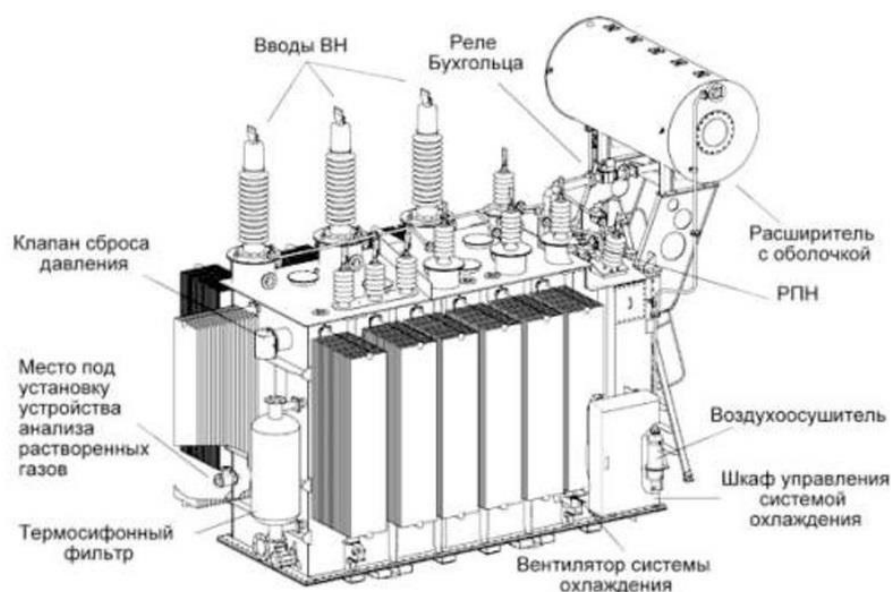


Рисунок 1– Конструкция силового трансформатора [12]

«Трансформаторы предназначены для преобразования электроэнергии вырабатываемой электростанциями, действующими на оптовом рынке электроэнергии (ОРЭМ), на территориальном уровне и объектах

распределенной генерации, до уровня стандартных напряжений, действующих в энергосистеме. Силовые трансформаторы, как правило, представляют собой однофазные или трехфазные двух обмоточные конструкции без регулирования напряжения с различными системами охлаждения в зависимости от мощности. Линейка мощностей блочных трансформаторов производства ООО «Тольяттинский Трансформатор» находится в диапазоне от 10 МВт до 630 МВт включительно» [12].

Силовые трансформаторы являются одним из типов основного оборудования в энергосистеме (электростанции, повышающих, понижающих и распределительных подстанций, различного вида преобразовательных устройств и т.д.). Кратковременный перерыв в его работе может повлечь за собой не допуск электроэнергии и уменьшение прибыли энергокомпании [12].

«Производство трансформаторного оборудования – стратегическая линия настоящего и будущего ООО «Тольяттинский Трансформатор» (ООО ТТ). Несмотря на более чем вековую историю изобретения электрические машины остаются, по сей день краеугольным силовым элементом всех энергосистем. Технический прогресс вносит постоянный вклад в совершенствование трансформаторов и сегодня предлагается оборудование с применением нестандартных материалов, при этом маслonaполненное высоковольтное оборудование остается самым востребованным и зарекомендовавшим себя во всех энергосистемах мира» [12].

Наращивая потенциал на рынке распределительных сетей, электротехническое предприятие освоило производство малогабаритных антивандальных столбовых подстанций.

Стратегическая цель ООО «Тольяттинский Трансформатор» в области качества – выпуск современной надежной качественной продукции для максимального удовлетворения требований потребителей, сохранения их полного доверия, динамичное развитие организации и повышение ее имиджа, обеспечение работников достойной оплатой за эффективный труд [12].

Предвидение тенденций и принятие опережающих действий, формирование новых возможностей и выпуск нового продукта востребованного рынком – опорные точки, ориентируясь на которые компания стремится к цели [12].

Это движение базируется на использовании мировых технологических достижений, применения научных разработок, организации труда и управления, действующим на основе СМК соответствующей требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2015 (ISO 9001:2015) Системы менеджмента качества (ред. от 09.01.2019) [12].

Предприятие на постоянной основе осуществляется поэтапный контроль бизнес-процессов всех уровней. Система менеджмента качества ежегодно подтверждается инспекционным контролем органа по сертификации интегрированных систем менеджмента «ОС ИСМ САМАРА». Для ознакомления с состоянием производства и подтверждения соответствия заявленным требованиям продукции завод комиссионно посещают эксперты госкорпорации РосАтом, ОАО «Россети», ОАО «РЖД», АК «Транснефть», и др. потребителей [12].

С целью сохранения гарантийных обязательств на трансформаторное оборудование в полном объеме, а также надлежащей работоспособности поставленного оборудования, в объем договоров поставки включаются услуги шеф-надзора за монтажом трансформаторов, осуществляемого специализированными организациями [12].

Получены положительные результаты динамических испытаний, проводимые в республике Чехия на одном из международно-признанных испытательных полигонов независимого испытательного центра КЕМА (Нидерланды). Выданный сертификат является подтверждением высокого технического уровня выпускаемой продукции, а также интегрирующим показателем качества работы ООО «Гольяттинский Трансформатор» в целом.

На рисунке 2 представлен трансформаторный корпус.



Рисунок 2 – Трансформаторный корпус

На единой заводской площадке в Тольятти расположены два производственных комплекса:

- производство 1-3 габаритов (трансформаторы распределительные типа ТМГ до 35 кВ.);
- производство 3-8 габаритов (трансформаторы силовые высоковольтные класса 35-500 кВ.).

Характеристика габаритов трансформаторов представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Габариты трансформаторов

| Габариты | Группа | Диапазон мощностей, кВА | Класс напряжения, кВ |
|----------|--------|-------------------------|----------------------|
| I | 1 | До 20 | До 35 включительно |
| | 2 | 25-100 | |
| II | 3 | 160-250 | |
| | 4 | 400-630 | |
| | 5 | 1000 | |
| III | 6 | 1600-2500 | |
| | 7 | 4000-6300 | |
| IV | 8 | 10 000-32 000 | |
| | 9 | Свыше 32 000 | |
| V | 10 | До 16 000 | 110 и 150 |
| | 11 | 25 000-32 000 | |

Продолжение таблицы 3

| | | | |
|------|----|---|-----------------------------|
| VI | 12 | 40 000-63 000 | 110 и 150 |
| | 13 | До 63 000 | 220 и 330 |
| VII | 14 | 80 000-200 000 | 110 и 150 |
| | 15 | 80 000-200 000 | 220 и 330 |
| VIII | 16 | Свыше 200 000 | До 330 включительно |
| | 17 | Не зависимо от мощности | Свыше 330 |
| | 18 | Для электропередач постоянного тока независимо от мощности | Независимо от напряжения |

В каталоге продукции представлен базовый ряд (авто) трансформаторов. Каждый тип имеет множественность исполнений и производится под индивидуальные требования, которые выставляются Заказчиком в опросном листе.

Опросный лист (техническая спецификация) является обязательным приложением к договору поставки и заполняется на стадии согласования технических требований. Типовые формы опросного листа представлены на сайте [12].

«Реакторы – новая для завода тема, отражена в номенклатурном перечне выпускаемой продукции. Имея во многом единые техпроцессы проектирования и производства, освоение реакторов стало логичным решением для его постановки на предприятии» [12].

Новые требования к надежности передачи и качеству электроэнергии поставили задачу строительства гибких электрических сетей (FACTS), что в свою очередь потребовало создание абсолютно уникальных для отечественной электроэнергетики изделий - управляемых шунтирующих реакторов трансформаторного типа (УШРТ) [12].

Освоение и производство трансформаторной части изделия завод взял на себя. На сегодня в разработке находится линейка однофазных и

трехфазных управляемых, регулируемых и шунтирующих реакторов класса 110-500 кВ. [12].

ООО «Тольяттинский Трансформатор» объединяет в едином комплексе производство отдельных деталей, компонентов, узлов для изделия и обеспечивает комплектацию, как собственной программы, так и располагает возможностями поставки комплектующих и запасных частей для формирования ремонтного фонда в сервисных и эксплуатационных организациях» [12]. На рисунке 3 представлена структура поставок.

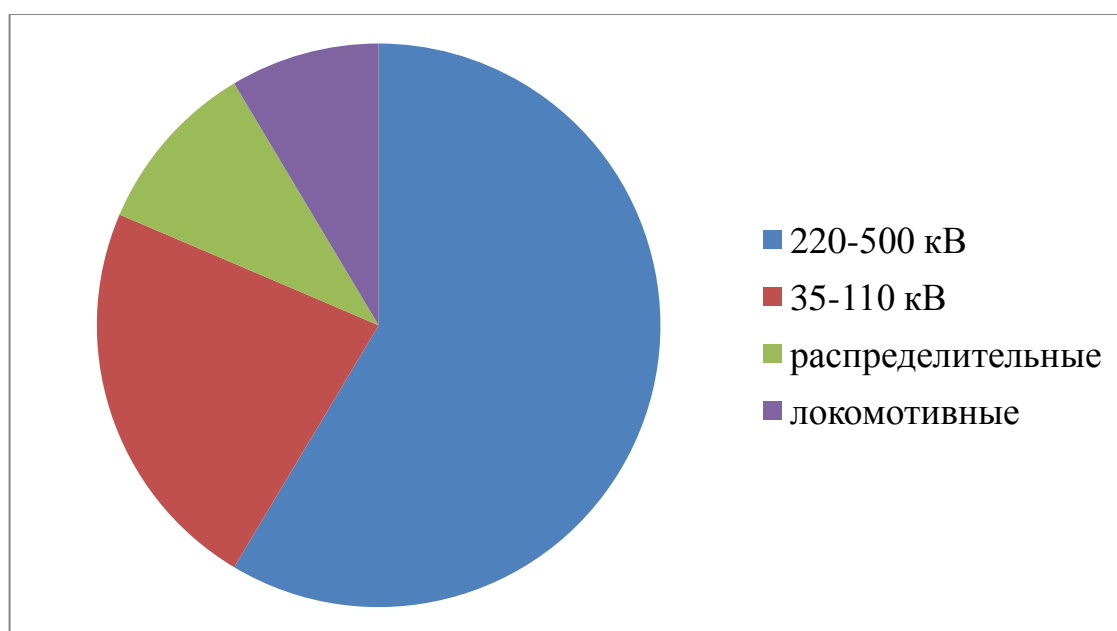


Рисунок 3 – Структура поставок силовых трансформаторов

Кроме трансформаторов и автотрансформаторов общего назначения ООО «Тольяттинский Трансформатор» изготавливает трансформаторы для ударных нагрузок прокатных станов и литейных печей металлургического производства [12].

«Стойкость трансформатора к ударным толчкам нагрузки напрямую связана с прессовкой обмоток, поэтому основной задачей при создании трансформаторов этой серии было принятие конструктивных и технологических решений, предотвращающих падение запрессовки обмоток

в эксплуатации. При этом существенную роль играют известные меры, такие как применение жесткого электрокартона, двойная сушка с циклической опрессовкой обмоток» [12].

С целью полного исключения падения прессовки обмоток при многократных толчках нагрузки мы внедрили постоянную прессовку обмоток при эксплуатации посредством специальных гидropружинных домкратов и систему сушки обмоток и активной части в запрессованном пружинами состоянии. На базе этих решений создана серия трансформаторов для металлургического производства типа ТДНМ, ТРДНМ, ТРДЦНКМ-63000/110, серия трансформаторов для питания подвижного состава железнодорожного транспорта типа ТДТНЖУ мощностью от 25000 до 40000 кВА напряжением 110 и 220 кВ. [12].

«Особо важным направлением работы предприятия является производство трансформаторов в сейсмостойком исполнении – до 8 баллов исполнения по шкале MSK-64. Совместно с институтом космических исследований РАН, Самарским аэрокосмическим университетом и ВИТ (Украина) проведены научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, в результате которых разработана методология проектирования мощных трансформаторов в сейсмостойком исполнении, испытаний на стендах всех основных комплектующих – высоковольтных вводов, переключающих устройств, охладителей, газовых реле, шкафов управления и других комплектующих, определились конструктивные элементы сейсмостойких трансформаторов. Сегодня предприятие готово в кратчайшие сроки поставить трансформаторы разных типов в сейсмостойком исполнении любой балльности» [12].

«В рамках глобальной стратегии развития за последние несколько лет ООО «Тольяттинский Трансформатор» внедрено свыше 100 единиц новейшего оборудования, в том числе, не имеющего аналогов не только в России, но и на заводах ведущих европейских производителей» [12].

В новые конструкции заложены материалы и комплектующие изделия ведущих отечественных и зарубежных производителей: «WEIDMANN Systems International AG» (Швеция), «PUCARO ELEKTRO - ISOLIRSTOFFE GmbH» (Германия), «Lacroix+Kress» (Германия), ОАО «Ангарская нефтехимическая компания», ЗАО «Московский завод «Изолятор», «ABB» (Швеция), «Maschinenfabrik Reinhausen GmbH» (Германия), «Hyundai Elprom Trafo» (Корея) и др. [12].

«ООО «Тольяттинский Трансформатор» реализовывает сварку металлических корпусов трансформатора, намотку катушек, производство изолирующих использованных материалов для трансформатора. В ходе изготовления металлические корпуса проходят всевозможные варианты сварки, а кроме того обязательную окраску» [12]. С целью этого, для того чтобы в выходе вышел предельно высококачественный и прочный результат, все без исключения трансформаторы непременно проходят контроль» [12].

Предприятием освоены передовые технологии производства трансформаторов с целью повышения их надежности, обеспечения экономичности эксплуатации у заказчика, снижения капитальных затрат при строительстве или реконструкции энергетических объектов.

ООО «Тольяттинский Трансформатор», являясь одним из крупнейших электротехнических предприятий РФ, осознает необходимость сохранения благоприятной окружающей среды для настоящего и будущих поколений.

«Руководство организации, понимая свою ответственность перед заинтересованными сторонами, принимает на себя следующие обязательства:

- разработать, внедрить и постоянно улучшать систему экологического менеджмента в соответствии с требованиями стандарта ISO 14001;
- действовать в соответствии с требованиями природоохранного законодательства РФ и другими принятыми организацией требованиями, связанными с ее экологическими аспектами;

- рационально использовать природные ресурсы, последовательно сокращать вредные воздействия на окружающую среду;
- внедрять передовые научные разработки и технологии с целью поэтапного сокращения потребления природных ресурсов, материалов и энергии при максимально возможном выпуске продукции;
- осуществлять модернизацию действующего технологического оборудования с учетом применения современных ресурсосберегающих и малоотходных технологий;
- принимать и реализовывать передовые управленческо-производственные решения с обязательным учетом экологических аспектов намечаемой деятельности, производимой продукции и оказываемых услуг;
- осуществлять периодическое информирование всех заинтересованных сторон (общественность, органы государственного экологического контроля РФ и др.) о деятельности организации в области охраны окружающей среды;
- обеспечить вовлечение всего персонала организации в деятельность по охране окружающей среды путём систематического обучения и повышения компетентности» [12].

Настоящая Политика распространяется на проектирование, производство, поставку, монтаж и техническое обслуживание трансформаторов, преобразовательной техники и другой товарной продукции, является основой для планирования и реализации любых видов деятельности, обязательна для всего персонала, работающего в интересах и под управлением ООО «Тольяттинский Трансформатор».

2.2 Описание технологического процесса

Изготовление трансформаторов производится в едином технологическом потоке.

Основной технологический процесс можно разделить на следующие стадии:

1. Изготовление металлоконструкций трансформаторов;
2. Изготовление активной части трансформаторов;
3. Общая сборка трансформаторов, испытания и сдача на склад для отгрузки потребителю.

Технологический процесс производства силовых трансформаторов осуществляется в следующих цехах: заготовительный, цех металлоконструкций, окрасочный, механосборочный.

Заготовительный цех – это цех, изготавливающий заготовки для дальнейшей их обработки в главных цехах;

Цех металлоконструкций – это предприятие, в котором наиболее современное оборудование и имеющее в собственном распоряжении производственные мощности, которые дают возможность исполнять заказы по производству металлоконструкций любой сложности и объема на высоком технологическом уровне в минимальные сроки;

Окрасочный цех – это удобный метод для внешней окраски деталей, в котором маляр имеет возможность комфортно приготовить краску, шпаклевку, клей, и другие материалы, которыми можно выполнить ремонтно-окрасочные работы в минимальный срок, не теряя качество покраски;

Механосборочный цех – занимается обработкой, сборкой, производством конструкций для оборудования.

На рисунке 4 представлен план расположения технологического оборудования в заготовительном и окрасочном цехе.

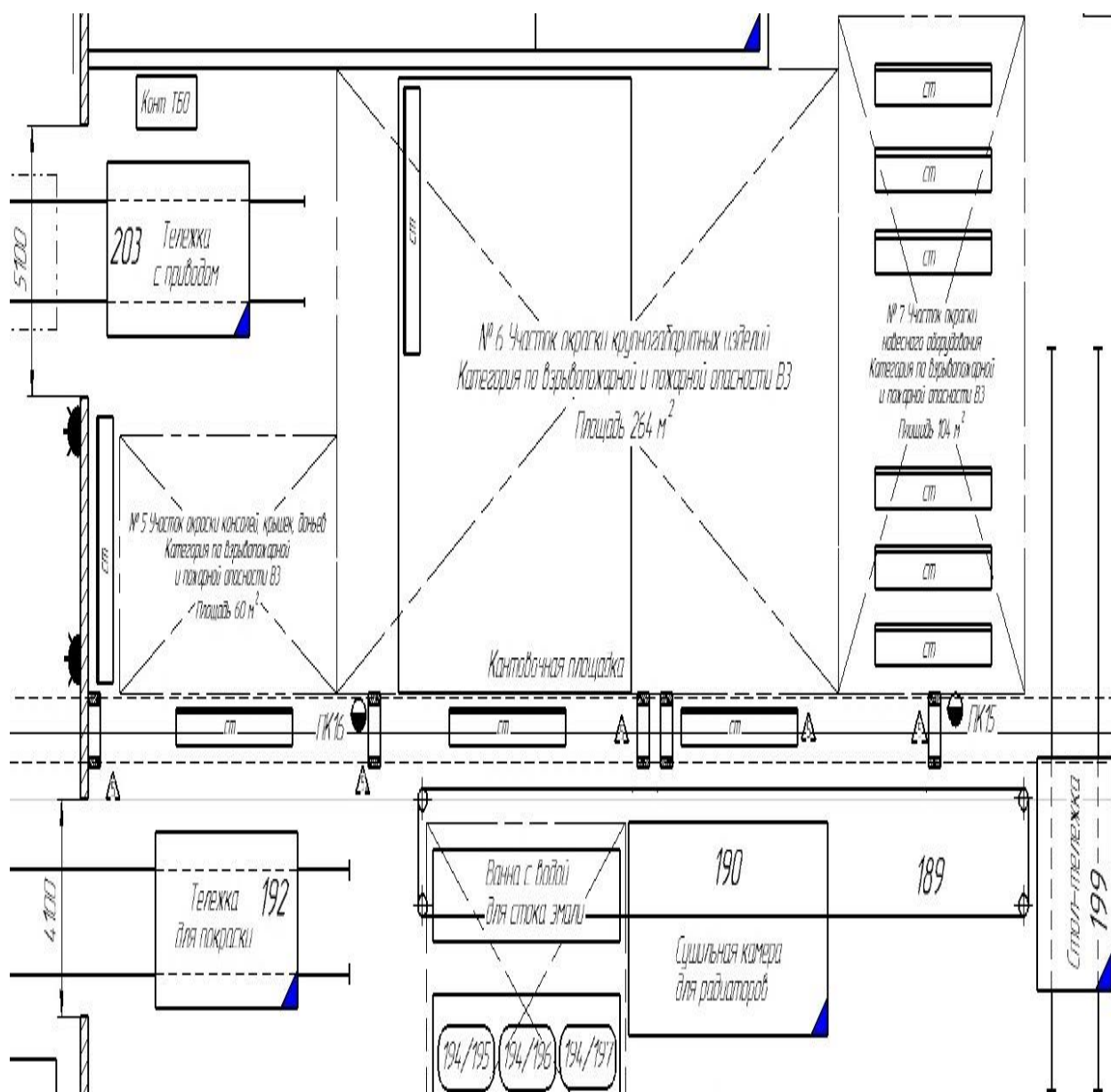


Рисунок 4 – План расположения технологического оборудования в заготовительном и окрасочном цехе

На рисунке 5 представлен план расположения технологического оборудования в окрасочном цехе силовых трансформаторов.

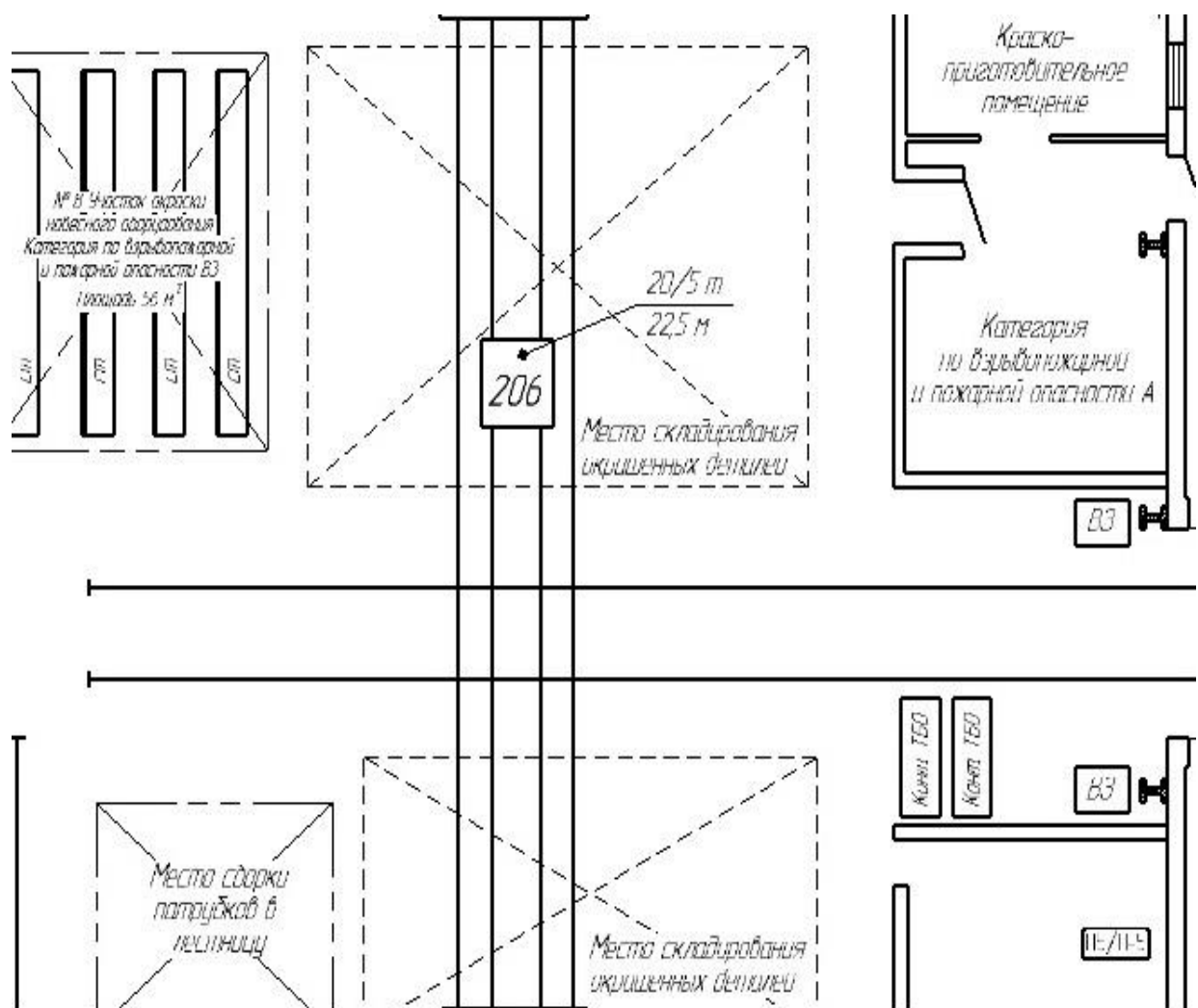


Рисунок 5 – Расположение технологического оборудования в окрасочном цехе силовых трансформаторов

«Технологическая документация предписывает нужное количество материала для изготовления силового трансформатора. Согласно объёму заказа, на склады доставляется необходимое количество материала (сталь трансформаторная, металл, алюминий, медь, картон, гетинакс, текстолит, пластмасса, бумага, трансформаторное масло). Со склада нужное количество металла по профилям, маркам и сортименту подается в заготовительный цех для раскроя, где нарезаются необходимые заготовки, которые далее подаются в цех металлоконструкций на участок штамповки. С участка

штамповки детали отправляются на сварочный участок. Готовые узлы и детали подаются в окрасочный цех на линию порошковой окраски. После этого проходят сушку в проходных печах. Окрашенные детали и узлы подаются в механосборочный цех на сборочный конвейер. На механическом участке механосборочного цеха производится токарная обработка, фрезеровка, нарезание резьбы и шлифование заготовок. После механической обработки детали отправляются на сборку» [13].

Для механизации работ над конвейером предусмотрен пневматический инструмент.

«На обмоточном участке обмотки высшего напряжения и низшего напряжения наматываются на намоточных станках. Снятые с оправки готовые обмотки работник укладывает на ленточный транспортер, который подает их на площадку складирования, где происходит проверка сопротивления обмоток. Сборка трансформаторов производится на поточно-механизированной линии, состоящей из конвейеров сборки активной части трансформатора без расшихтовки и вторичной зашихтовки ярма магнитопровода, выкладки и пайки схемы, окончательной сборки и испытания трансформаторов. Активная часть трансформатора подаётся на сушку в аэродинамических печах до устойчивого значения сопротивления изоляции. Высушенная активная часть подаётся в механосборочный цех на конвейер окончательной сборки. Активная часть опускается в бак, на который устанавливается крышка, расширитель, изоляторы и т.д.» [13].

«Бак заливается маслом. Перед заливкой в бак масло подвергают сушке, очистке и дегазации, чтобы удалить из него влагу и примеси. Для этой цели масло пропускают через центрифугу и фильтр-прессы. Очищенное масло поступает в баки для хранения, а затем насосом подаётся в расходную ёмкость, расположенную в механосборочном цехе, из которой производят заливку трансформаторов. Бак испытывается на герметичность уплотнений давлением и подается на испытательную станцию» [13].

При прохождении поочередно через ячейки испытательной станции силовой трансформатор испытывается на соответствие ГОСТ Р 52719–2007 Трансформаторы силовые. Общие технические условия (ред. от 12.09.2018) и доставляется на склад готовой продукции. Со склада продукция передаётся заказчику.

2.3 Анализ негативных факторов при производстве силовых трансформаторов, влияющих на окружающую среду

Экологические проблемы силовых трансформаторов нельзя оставлять без внимания. Повышенный уровень шума 90 дБА, который происходит при производстве силовых трансформаторов, негативно влияет на окружающую среду, так как приводит к сбоям естественного баланса экологических систем. Шум силового трансформатора вызван вибрацией магнитной системы. Повышенный уровень шума так же создают вентиляторы системы охлаждения. Вибрации активной части трансформатора передаются на бак через масло. Что так же приводит к сбоям естественного баланса экологических систем.

Механическое воздействие, такое как резка либо удар на электротехническую сталь, а также ее сжатие в направлении прокатки ухудшают, а обжиг стали улучшает магнитно-стрикционные характеристики. Уровень звука зависит от размера самого трансформатора, его массы и электрической мощности. Уменьшение индукции магнитной системы на 10% снижает уровень звука силового трансформатора на 3 дБА.

Следовательно, уровень шума магнитной системы зависит от ее конструкции, характеристик стали и технологических процессов раскря стали и сборки магнитной системы.

Проблемы с повреждениями силовых трансформаторов могут вызвать взрыв, из-за слабых элементов оборудования, содержащее трансформаторное масло. Когда обмотки трансформатора сильно нагреваются, тепло передается

трансформаторному маслу. Температура при таком сильном нагреве не успевает понизиться, давление в масляном резервуаре возрастает и при превышении предела разрушения конструкции трансформатора происходит взрыв. Трансформаторное масло является пожароопасным веществом, поэтому, чтобы предотвратить взрыв, следует соблюдать правила противопожарной безопасности, трансформаторы по возможности устанавливаются в закрытых помещениях, охлаждающее масло должно быть мало воспламеняемым. Согласно документу РД 34.43.105–89 Методические указания по эксплуатации трансформаторных масел. Руководящий документ (ред. от 01.09.2013) цикл жизни масла состоит из нескольких шагов:

- свежее;
- после сушки и очистки;
- эксплуатационное;
- отработанное;
- восстановленное;
- регенерированное.

В начале в бочках на объект поступает новое масло, потом его по мере необходимости очищают, сушат, доводя характеристики до установленных в нормах на испытания чистых масел.

Масло, залитое в электрическое оборудование называется эксплуатационным, оно должно соответствовать нормам на эксплуатационное масло.

По истечению срока, характеристики масла ухудшаются и его сливают из оборудования в специальную емкость, такое масло считается отработанным.

Затем масло восстанавливают либо регенерируют. Возвращают возможные свойства. Отличие в том, что регенерированное масло возвращают свойства свежего масла. Если чистка не получается, то отработанное масло отправляется на нефтебазу. Для разных марок масла есть

свои особенности. В таблице 4 приведены основные марки трансформаторного масла и их применение.

Таблица 4 – Основные марки трансформаторного масла и их применение

| Марка масла | Стандарт | Стабильность против окисления | Тип оборудования | Класс напряжения, кВ |
|-------------|---|-------------------------------|--|----------------------|
| ГК | ТУ 38.101.1025-85 | Высокая | 1.Силовые трансформаторы; 2.Реакторы; 3.Маслонаполнительные вводы; 4.Измерительные трансформаторы тока и трансформаторы напряжения | Все классы |
| БК | ТУ 38.404.978-93 ТУ 38.401-58.177-96 | Высокая | 1.Силовые трансформаторы; 2.Реакторы | Все классы |
| СА | ТУ 38.401.1033-95 | Высокая | 1.Силовые трансформаторы; 2.Реакторы | Все классы |
| Т-1500 | ГОСТ 982-80 | Средняя | 1.Силовые трансформаторы; 2.Реакторы; 3.Маслонаполнительные вводы; 4.Измерительные ТТ (трансформаторы тока) и ТН (трансформаторы напряжения); 5.Масляные выключатели | Все классы |

Продолжение таблицы 4

| Марка масла | Стандарт | Стабильность против окисления | Тип оборудования | Класс напряжения, кВ |
|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--|--|
| T-1500У | ТУ 38.401.58107-94 | Средняя | 1.Силовые трансформаторы; 2.Реакторы; 3.Маслонаполнительные вводы; 4.Измерительные ТТ (трансформаторы тока) и ТН (трансформаторы напряжения); 5.Масляные выключатели | 1.Все классы; 2.Все классы; 3.Все классы; 4.До 330кВ; 5.Все классы |
| ТСп | ГОСТ 10121-76 ТУ 38.401.830-90 | Низкая | 1.Силовые трансформаторы; 2.Масляные выключатели | 1.До 220кВ; 2.Все классы |
| Nytro 10X | МЭК 296-82, класс IА | Средняя | 1.Силовые трансформаторы | Все классы |
| Nytro 11 GX Technol 2000 | МЭК 296-82, класс IIА | Средняя | 1.Силовые трансформаторы ТТ серии ТФЗМ (ТФНД) | 1.Все классы; 2.До 220 кВ |

- ГК, ВГ, СА применяется в электрооборудовании всех классов напряжения;

- Nuro маслонеполненное оборудование: силовые трансформаторы, распределительные трансформаторы, выпрямители, автоматические выключатели;
- Т 1500 силовые трансформаторы, реакторы, маслонеполненные вводы, измерительные трансформаторы, масляные выключатели всех классов напряжения. Если на конце буква У, то напряжение до 330 кВ включительно;
- Nuro 10X силовые трансформаторы всех классов напряжения.

В процессе эксплуатации трансформаторного масла в нем, как правило, скапливаются вредные вещества, такие как галовакс, совтол, совол и продукты окисления. Эти трансформаторные масла не могут выполнять свои функции и требуют замены. Проработанный продукт обязан подвергаться либо переработке, либо утилизации.

В случае если не уничтожить трансформаторное масло, и оно попадет в водоемы, то это отрицательно скажется на живущих в ней биологических видах и качестве воды. К тому же, трансформаторное масло склонно к возгоранию и может привести к пожарам и выбросу вредных веществ в атмосферу, что небезопасно для животных. Поэтому трансформаторные масла нужно подвергать вторичной переработке для очищения от загрязнений или утилизировать.

3 Разработка мероприятий по снижению негативного воздействия ООО «Тольяттинский Трансформатор» на окружающую среду

3.1 Проектирование системы обеспечения экологической безопасности работы силовых трансформаторов

Обеспечение надёжной работы трансформаторов необходимо, прежде всего, для предупреждения негативного влияния, к примеру, масляных (жидкостных) отходов или возникающих возгораний в дефектах трансформатора. Во избежание таких дефектов в трансформаторах упрочняют баки, устройство мембраны, устранение вытекания жидкости, автоматизированное пожаротушение, быстродействующие защитные системы.

«Различия в конструкции и нагрузочной способности во многом влияют на режим работы трансформаторов. Высокий уровень его обслуживания позволяет своевременно выявлять отклонения от нормы, характер возможных повреждений, прогнозировать возможные выходы из строя трансформатора и планировать требуемый объем профилактических работ и ремонтов. Своевременное выявление возникающего дефекта позволяет принять меры по предупреждению его развития и сохранению работоспособности трансформатора» [12].

«Для обеспечения длительной надёжной эксплуатации трансформаторов необходимо:

1. Соблюдение температурных и нагрузочных режимов, уровней напряжения;
2. Строгое соблюдение норм на качество и изолирующие свойства масла;
3. Содержание в исправном состоянии устройств охлаждения, регулирования напряжения, защиты масла и др.» [12].

«На баки однофазных трансформаторов должна быть нанесена расцветка фаз. На баках трехфазных трансформаторов и на баках средних групп однофазных трансформаторов должны быть сделаны надписи, указывающие мощность и порядковые подстанционные номера трансформаторов. На дверях трансформаторных пунктов и камер укрепляются предупреждающие плакаты установленного образца и формы. Двери запираются на замок» [12].

Вновь устанавливаемые трансформаторы при отсутствии соответствующего указания завода-изготовителя могут не подвергаться внутреннему осмотру со вскрытием. Осмотр со вскрытием необходим при наружных повреждениях, допущенных при транспортировании или хранении и вызывающих предположение о возможности внутренних повреждений [12].

В целях максимального снижения потерь для каждой электроустановки в зависимости от графика нагрузки должно быть определено и соблюдаться:

- оптимальное число параллельно работающих трансформаторов (отношение номинальных мощностей параллельно работающих трансформаторов не должно превышать 3:1);
- осмотры за состоянием маслоочистительных и маслосборных устройств, которые производятся при помощи изменения цвета индикаторного силикагеля, который при впитывании влаги розовеет и приобретает яркую окраску;
- ток в нейтрале сухих трансформаторов при соединении обмоток по схеме звезда-звезда с нулевым выводом на стороне низшего напряжения обязана быть не выше 20% номинального тока;
- периодически и тщательно производить контроль над состоянием систем охлаждения, регулировки под нагрузкой, маслонасосов.

При коротком замыкании и дуге, возникающей в активной части трансформатора, выделяется большое количество газов, образующихся при разложении трансформаторного масла. В основном это ацетилен и водород, который при высокой температуре при контакте с воздухом

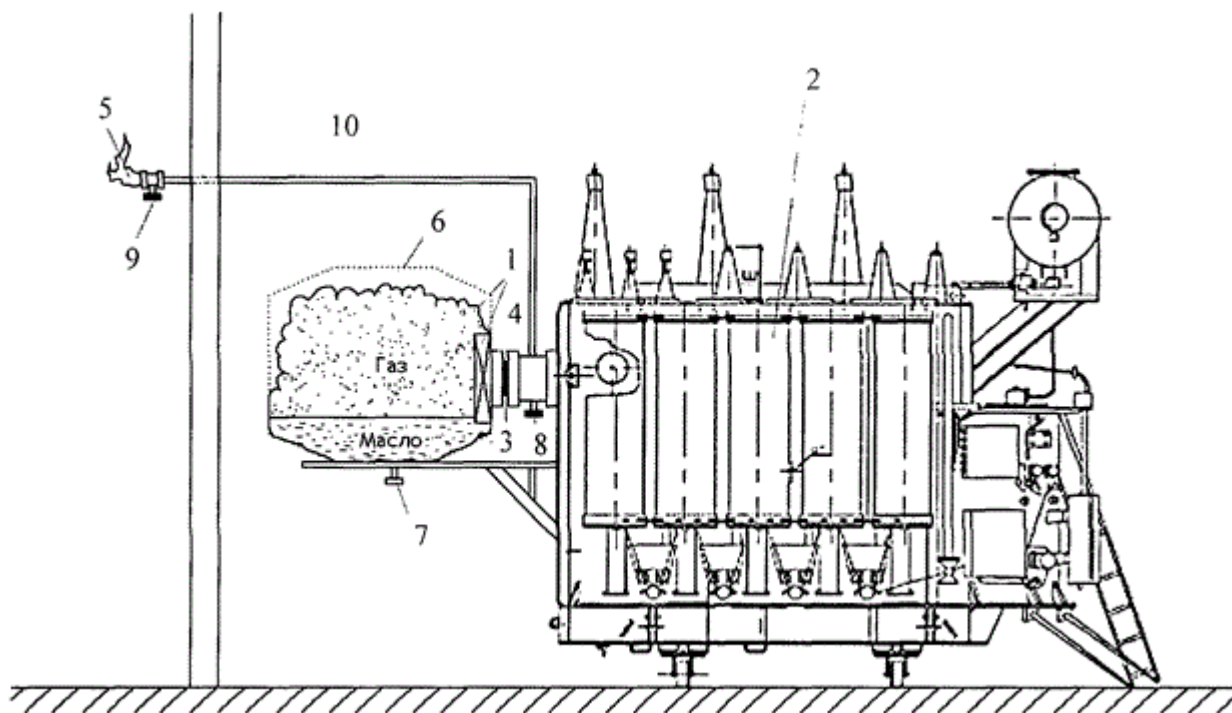
самовоспламеняется, что приводит к пожару и тяжелым авариям. Процесс развивается в течение десятков миллисекунд, при этом давление в баке резко возрастает, превышая критические параметры. Устранение последствий таких аварий требует значительных капиталовложений для восстановления оборудования. Поэтому защита трансформатора от взрыва требует особого внимания.

На основе патентного поиска нами предлагается устройство для предотвращения взрыва силового трансформатора (заявка: 2011138093/07, 16.09.2011) [4]. Это устройство успешно апробировалось в трансформаторном цеху 112 при производстве силовых трансформаторов. В результате его применения был получен эффект быстрой декомпрессии бака трансформатора и предотвращения его разрушения. В связи с этим было принято решение применить это устройство при производстве силовых трансформаторов на ООО «Гольяттинский Трансформатор».

«Полезная модель относится к экологически чистым пожаробезопасным неразрушающим системам защиты силовых трансформаторов при коротком замыкании в активной части трансформатора и может быть использована в маслonaполненных трансформаторах средней и большой мощности с целью предотвращения катастрофических последствий тяжелого внутреннего повреждения трансформатора» [4].

«Технический результат заключается в быстрой декомпрессии бака трансформатора и предотвращения его разрушения» [4].

«На рисунке 6 показано устройство для предотвращения взрыва силового трансформатора, которое содержит декомпрессионную камеру (1), расположенную вне бака (2) трансформатора, и разрывную мембрану (3). При этом декомпрессионная камера (1) выполнена в виде складного пакета из термостойкого полотна и закреплена на внешнем фланце (4) разрывной мембраны (3)» [4].



1 – декомпрессионная камера, 2 – бак, 3 – разрывная мембрана,
 4 – внешний фланец, 5 – трубопровод, 6 – сеточное ограждение (корзина),
 7 – патрубок с вентилем, 8 – клапан, 9 – клапан, 10 – трубопровод [4]

Рисунок 6 – Устройство для предотвращения взрыва силового трансформатора

«Декомпрессионная камера находится вне корпуса трансформатора и соединена с ним коротким патрубком через разрывную мембрану. Диаметр патрубка должен быть достаточным для сброса продуктов, образующихся при возникновении дуги, с минимальным сопротивлением. Материал декомпрессионной камеры должен быть термостойким, эластичным, достаточно прочным и плотным для обеспечения герметичности оболочки, не пропускающей газы. Таким материалом может быть тканевое полотно из сплетенной ленты или жгутов с амидными нитями либо карбонизированное углеродными волокнами» [4].

«Предлагаемая полезная модель относится к области электротехники и может быть использована для предотвращения разрыва корпуса конструктивных элементов, преимущественно трансформаторов,

охлаждаемых большим объемом жидкости (масла). При коротком замыкании и дуге, возникающей в активной части трансформатора, выделяется большое количество газов, образующихся при разложении трансформаторного масла. В основном это ацетилен и водород, который при высокой температуре при контакте с воздухом самовоспламеняется, что приводит к пожару и тяжелым авариям. Процесс развивается в течение десятков миллисекунд, при этом давление в баке резко возрастает, превышая критические параметры. Устранение последствий таких аварий требует значительных капиталовложений для восстановления оборудования. Поэтому защита трансформатора от взрыва требует особого внимания» [4].

«В трансформаторной технике известна защитная противопожарная система, приводимая в действие различными датчиками релейного типа. Недостатком этих устройств является их инерционность – время срабатывания составляет сотые доли секунды, что во много раз превышает необходимую скорость срабатывания защиты, так как процесс развивается в течение нескольких миллисекунд. Поэтому для защиты трансформаторов от взрыва и разрушения необходимы системы с меньшей инерционностью» [4].

«Наиболее близким к предлагаемому решению (его прототипом) является устройство для предотвращения взрыва электрических трансформаторов (патент RU 2263989 от 17.03.2000). Это устройство содержит декомпрессионную камеру, соединенную с баком трубопроводом, на котором расположено разрывное устройство (мембрана). Такие системы применяются для защиты трансформаторов средней и большой мощности. Однако скорость выделения газов при возникновении дуги в масле чрезвычайно высока (до $50 \text{ м}^3/\text{сек}$). Поэтому градиенты давления в баке и трубопроводах, соединяющих бак с декомпрессионной камерой, слишком велики, чтобы вовремя снизить давление в баке до безопасного уровня. Вследствие большего перепада давления в трубопроводе устройство-прототип не достаточно эффективно и зачастую не срабатывает при тяжелых авариях мощных трансформаторов» [4].

«Предложенное устройство устраняет недостатки прототипа, решая техническую задачу защиты трансформатора с применением декомпрессионного устройства практически без использования трубопроводов, соединяющих бак с декомпрессионной камерой» [4].

«Поставленная техническая задача решается тем, что в устройстве для предотвращения взрыва силового трансформатора, содержащее декомпрессионную камеру, расположенную вне бака трансформатора, и разрывную мембрану, декомпрессионная камера выполнена в виде складного пакета из термостойкого полотна и закреплена на внешнем фланце разрывной мембраны» [4].

«Указанная совокупность признаков обеспечивает быстрый сброс давления в баке при коротком замыкании (КЗ). Образующиеся газы и масло сбрасываются в камеру, раскрывающуюся по мере поступления в нее продуктов» [4].

«Полезная модель имеет развитие, заключающееся в том, что устройство содержит сеточное ограждение раскрывающейся декомпрессионной камеры, закрепленное на внешнем фланце разрывной мембраны. Это снимает механические нагрузки с камеры» [4].

Другим развитием полезной модели является вариантное выполнение термостойкого полотна декомпрессионной камеры (из сплетенной ленты или жгутов с амидными нитями, либо карбонизированного углеродными волокнами).

Устройство работает следующим образом.

«Трансформатор содержит активную часть, помещенную в бак 2, заполненный охлаждающей жидкостью (диэлектрическим маслом). В верхней части бака 2 под крышкой выполнен короткий патрубок, на котором установлен разрывной элемент (мембрана) 3, зафиксированная двумя фланцами. На внешнем фланце 4 закреплена камера 1. При выбросе, в результате КЗ в активной части, горячих продуктов разложения трансформаторного масла в раскрывающуюся камеру 1 происходит

одномоментный сброс давления в баке 2, предотвращающий разрыв корпуса бака. В декомпрессионной камере 1 происходит отделение газообразных продуктов (водород, ацетилен, СО) от масла. Газы, формируясь в верхней части емкости, под действием давления поступают через трубопровод за пределы трансформаторного отсека, где при контакте с воздухом происходит воспламенение и выгорание газов 5, не причиняя вреда оборудованию» [4].

«Для снятия механических нагрузок камера 1 при раскрытии опирается на сеточное ограждение-корзину 6. В нижней части емкости раскрываемой камеры 1 имеется патрубок с вентилем 7 для слива остывшего масла после выгорания газообразных продуктов разложения. Клапан 8, установленный на патрубке перед мембраной 3, перекрывается после сброса давления, предотвращая тем самым возвратное поступление продуктов разложения масла в бак 2. Клапан 9, установленный на выходе трубопровода 10, перекрывается после выгорания газообразных продуктов» [4].

«Термостойкое полотно может быть выполнено из сплетенной ленты или жгутов с амидными нитями. В основе полотна-соединения углерода и кислорода. Более высокими параметрами по термостойкости обладают графитовые - тканевые полотна (RU 2318932 от 2006). Они выдерживают температуры 1200-2000°С.» [4].

«Полотно, карбонизированное углеродными волокнами, может быть использовано для формирования тепловой защиты (RU 2257429). После карбонизации полотно подвергают обработке при 1200-2800°С.» [4].

В предложенной полезной модели отсутствует задержка во времени сброса давления в баке трансформатора, так как нет трубопроводов, соединяющих бак с декомпрессионной камерой, что повышает эффективность защитного устройства. При этом устройство компактно (тканевая камера 3 в обычном состоянии сложена в пакет).

Формула полезной модели:

1. «Устройство для предотвращения взрыва силового трансформатора, содержащее декомпрессионную камеру, расположенную вне бака трансформатора, и разрывную мембрану, при этом декомпрессионная камера выполнена в виде складного пакета из термостойкого полотна и закреплена на внешнем фланце разрывной мембраны» [4].
2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что содержит сеточное ограждение раскрывающейся декомпрессионной камеры, закрепленное на внешнем фланце разрывной мембраны [4].
3. Устройство по любому из пп.1 и 2, отличающееся тем, что термостойкое полотно выполнено из сплетенной ленты или жгутов с амидными нитями [4].
4. Устройство по любому из пп.1 и 2, отличающееся тем, что термостойкое полотно выполнено карбонизированным углеродными волокнами [4].

Так же для снижения повышенного уровня шума нами предлагается на основе патентного поиска виброшумопоглощающий листовый материал и способ снижения вибрации и шума.

Изобретение относится к жестким вязкоупругим материалам, которые могут быть использованы для вибропоглощения и звукоизоляции в машиностроении, строительстве и других отраслях промышленности. Виброшумопоглощающий жесткий листовый материал выполнен из отвержденной вибропоглощающей мастики, содержащей графит. Изобретение также относится к способу снижения вибрации и шума конструкции с использованием указанного материала. Листовой материал приводит к улучшению виброакустических характеристик демпфируемой конструкции по сравнению с мастичным способом нанесения вибропоглощающего слоя и имеет неограниченный срок хранения [3].

Настоящее изобретение относится к жестким вязкоупругим материалам, которые могут быть использованы для вибропоглощения и звукоизоляции в машиностроении (авиа-, судо-, вагоностроении, ракетно-космической отрасли, автомобилестроении, станкостроении, пр.), строительстве и других отраслях промышленности, где предъявляются повышенные требования к уровням вибрации и шума. Кроме того, в настоящем изобретении предложен способ снижения вибрации и шума различных конструкций с помощью указанных материалов [3].

Предшествующий уровень техники.

«Известен вибропоглощающий листовый материал «ВМЛ-25» (см. ТУ 6-05-211-980-83), полученный на основе пластифицированной смеси ПВХ (поливинилхлорида) и ПВА (поливинилацетата). Используется для создания вибро- и звукопоглощающих покрытий путем наклеивания с помощью эпоксидного клея на конструкции, подверженные вибрации, в судостроении, автомобилестроении, станкостроении и т.п. [3] Кроме того, для получения демпфирующих покрытий могут использоваться вибропоглощающие мастики» [3].

«Вибропоглощающие мастики бывают одно- и двухкомпонентными. Мастики изготавливаются на основе поливинилацетатной дисперсии или эпоксидной смолы. В состав мастик входит наполнитель, в качестве которого может использоваться кристаллический графит» [3].

«В продаже имеются разные марки содержащих графит вибропоглощающих мастик, например, «Мавип», «Випоком», «Адем», «ВПМ», такие как ВПМ-1, ВПМ-2, ВПМ-3, ВПМ-4, ВПМ-5.» [3].

«Мастика «Мавип» (см. ТУ 2243-001-26128999-01) предназначена для создания покрытия для эффективного снижения уровня шума и вибрации конструкций и оборудования (элементы корпуса, фундаменты, трубопроводы и т.д. в судостроении, машиностроении и других отраслях промышленности), а также для повышения их долговечности» [3].

«Мастика «Випоком» (см. ТУ 5.966-11797-2002) содержит эпоксидную основу и применяется в машиностроении и строительстве для снижения вибрации корпусных конструкций и фундаментов и обусловленного вибрацией шума» [3].

«Мастика «Адем» представляет собой высоковязкую пасту на основе водных дисперсий гомо- и сополимеров винилацетата (см. ТУ 2243-038-00203521-97)» [3].

«Мастика «ВПМ-1» содержит поливинилацетатную дисперсию, хлорпарафин, нефелиновый антипирен и графит (см. ТУ 2068474-296-92)» [3].

«Для создания вибродемпфирующего покрытия мастики наносят на загрунтованные или окрашенные поверхности после их обезжиривания. Нанесение осуществляют методами послойного пневматического напыления или шпателирования. При этом предъявляются серьезные требования к точности нанесения для создания покрытия определенной толщины прямо на демпфируемой конструкции, что является трудо- и времязатратным. Так, вибропоглощающие мастики, из которых формируют покрытие, традиционно наносят в соотношении 1:2 (металл:покрытие). Толщина покрытия, например в судостроении, может достигать 32 мм. При этом мастики наносят послойно: по 3-5 мм за проход с промежуточной сушкой каждого слоя не менее 1 суток, т.е. для создания покрытия толщиной 32 мм потребуется от 6 до 10 суток и 1 сутки на выравнивание толщины с учетом усадки и 15 суток для окончательной полимеризации мастики. Поэтому высока вероятность брака, связанного с нарушением технологии нанесения (межслойная сушка, температурные режимы, микроклимат, отсутствие вентиляции и т.д.), что влечет за собой образование внутренних полостей, расслоение покрытия и, как следствие, ухудшение вибропоглощающих свойств покрытия» [3].

«Мастики имеют непродолжительный срок хранения (для большинства мастик - не более 9 месяцев), и предъявляются серьезные требования к температурным условиям их транспортировки и хранения (для мастик на

водной основе - не ниже 5°C). При длительном хранении мастики, в частности мастики на водной основе, могут давать расслоение, снижение подвижности, комкование и т.п., что вызывает затруднения при подготовке мастик к применению. Перед применением необходимо перемешивание для создания гомогенной смеси. Эпоксидсодержащие мастики являются двухкомпонентными, поэтому требуется предварительная подготовка состава перед применением» [3].

Кроме того, приготовленные для нанесения мастики имеют короткий период жизнеспособности. Например, жизнеспособность мастики «Випоком» составляет менее 4 часов [3].

Таким образом, сохраняется потребность в эффективном виброшумопоглощающем материале, который был бы лишен перечисленных выше недостатков [3].

Изобретение относится к виброшумопоглощающему листовому (плиточному) материалу, выполненному из отвержденной вибропоглощающей мастики, содержащей графит. Данный материал является эффективным при использовании для вибропоглощения и звукоизоляции в машиностроении (авиа-, судо-, вагоностроении, ракетно-космической отрасли, автомобилестроении, станкостроении, пр.), строительстве и других отраслях промышленности. Кроме того, в настоящем изобретении предложен способ снижения вибрации и шума конструкций, при котором на поверхности указанных конструкций формируют слой из виброшумопоглощающего материала по изобретению [3].

«Материал по изобретению лишен недостатков известных материалов. Его использование исключает возможность брака при создании демпфирующего слоя (покрытия), не требует предварительной подготовки перед применением, не имеет ограниченной по времени жизнеспособности, а также не требует особых условий транспортировки и хранения (возможны транспортировка и хранение при отрицательных температурах).

Использование этого материала позволяет легко и быстро создать демпфирующее покрытие» [3].

Кроме того, авторы изобретения неожиданно обнаружили, что листовый материал по изобретению приводит к улучшению виброакустических характеристик демпфируемой конструкции по сравнению с мастичным способом нанесения вибропоглощающего слоя, то есть обладает более эффективными демпфирующими свойствами. Также материал по изобретению неожиданно имеет неограниченный срок хранения в отличие от мастики, из которой он изготовлен [3].

Виброшумопоглощающий материал по изобретению удовлетворяет требованиям ГОСТ 12.1.044–89 ССБТ Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Межгосударственный стандарт (ред. от 29.12.2018) и относится к группе материалов:

- трудногорючие;
- с умеренной дымообразующей способностью;
- с медленным распространением пламени по поверхности [3].

«Кроме того, материал по изобретению удовлетворяет требованиям Правил классификации и постройки морских судов, требованиям Международного кодекса по применению методик испытаний на огнестойкость IMO FTP Code (Части 2, 6 Приложения 1 резолюции IMO MSC 61(67) - до окончания действия СТО), IMO FTP Code 2010 (Части 2, 5 Приложения 1 резолюции IMO MSC 307(88) после 01.07.2012) и требованиям Российского речного регистра» [3].

Еще одним аспектом изобретения является способ снижения вибрации и шума конструкции, при котором на поверхности указанной конструкции формируют слой из виброшумопоглощающего материала по изобретению. С помощью указанного материала достигается уменьшение вибрации (виброзащита) и звукоизлучения (звукоизоляция) конструкций [3].

«Формируемый на конструкции слой из материала по изобретению может быть наружным, то есть представлять собой покрытие, либо на такой

слой может быть дополнительно нанесено другое покрытие. Это определяется спецификой конструкции и областью ее использования и не влияет на обеспечиваемые материалом преимущества» [3].

«Конструкции могут представлять собой элементы корпуса транспортных средств, таких как машины, суда, самолеты, вертолеты, вагоны, элементы корпуса станков, фундаменты, трубопроводы, а также различное оборудование, такое как запорная и клапанная арматура, компрессоры, трансформаторы» [3].

Защиту конструкций от вибрации и их звукоизоляцию с помощью материала по изобретению выполняют предпочтительно путем его наклеивания на поверхность конструкции на клеевых составах (например, шпатлевка ЭП-0010 либо любой другой эпоксидный клеевой состав с высоким сухим остатком).

Необязательная подготовка поверхности конструкции перед наклеиванием материала по изобретению предпочтительно представляет собой обезжиривание загрунтованных или окрашенных поверхностей.

Монтаж предпочтительно выполняют таким образом, чтобы зазоры между наклеенными плитами материала были минимальными, а клеевой состав полностью заполнял стык.

На поверхности демпфируемой конструкции формируется ячеистая или сетчатая структура слоя из материала по изобретению, что способствует эффективной вибро- и шумоизоляции.

Изобретение иллюстрируется нижеследующим частным воплощением, но не ограничено им.

Получение виброшумопоглощающего материала (по изобретению)

«Для изготовления материала по изобретению использовали мастику марки «МВВИП». Данной мастикой заполняли полиуретановые формы с получением слоя толщиной 6 мм. В течение 5 минут проводили тряску на вибростоле, учитывая высокую вязкость материала, для удаления воздушных полостей потребовалось дополнительное вакумирование в камере с

давлением ниже атмосферного в течение 10 минут. Заполненную форму сушили при температуре 40-45°C и относительной влажности 40% в течение 3-4 суток. Далее на застывший слой мастики наносили новую порцию мастики с получением слоя толщиной 6 мм и повторяли сушку» [3].

Полученную застывшую мастику извлекали из формы и досушивали до твердости 90 ед. по Шору А при температуре 20±2°C, после чего вырезали плиты размерами 200×200 мм и 200×300 мм. Конечная толщина плит с учетом усадки материала составляла 10 мм [3].

Формирование демпфирующего слоя.

Полученный материал по изобретению использовали для формирования демпфирующего слоя стальной пластины с использованием в качестве средства для монтажа шпатлевку ЭП-0010 [3].

Для сравнения использовали демпфирующий слой стальной пластины, полученный из коммерчески доступного вибропоглощающего листового материала «ВМЛ-25» (ТУ 6-05-211-980-83) толщиной 10 мм. В качестве материала для монтажа также использовали шпатлевку ЭП-0010 [3].

В отличие от материала «ВМЛ-25», в случае материала по изобретению не требуется его предварительное шерохование перед монтажом. В таблице 5 приведены свойства демпфирующих слоев.

Таблица 5 – Свойства демпфирующих слоев

| Показатели | Слой из материала по изобретению (из мастики «МВИП») | Слой из материала «ВМЛ-25» |
|--|--|-------------------------------|
| Плотность г/см ³ , не более | 1,20 | 1,64 |
| Коэффициент внутренних механических потерь виброшумопоглощающего слоя при 20°C, не менее | 0,35 | 0,35 |
| Средний коэффициент механических потерь стальной пластины, демпфированной слоем материала при 20°C | 0,17-0,33 | Не определяется (согласно ТУ) |

Согласно сложившейся практике в промышленной акустике, принято считать, что эффективность вибропоглощающих покрытий (ВПП) напрямую зависит от коэффициента механических потерь самих покрытий и, конструкций (стержней, пластин), демпфированных ВПП [3].

Применение данных моделей позволит снизить выделение большого количества газов, таких как ацетилен и водород, в атмосферный воздух. Позволит обеспечить быстрый сброс давления (в течение не более 2.5 мс) в баке при коротком замыкании. Виброшумопоглощающий листовой материал защитит от повышенного уровня шума и вибрации и приведет к улучшению виброакустических характеристик демпфируемой конструкции.

3.2 Оценка эффективности проектируемых мероприятий по обеспечению экологической безопасности при производстве силовых трансформаторов

В ходе опытно-экспериментальной апробации методологии оценки экологической эффективности на электротехническом предприятии выявлено, что процент экологической безопасности при внедрении способа и устройство виброшумопоглощающего листового материала для снижения вибрации и шума увеличился на 20% это показано на Рисунке 7.

Предполагаемые результаты были получены при помощи формулы для выявления улучшения показателя экологической безопасности при производстве силовых трансформаторов:

$$\frac{a}{b} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где a – внедрения устройства ВЛМ, %;

b – после внедрения устройства ВЛМ, %.

Так же результаты были получены при помощи приборов для измерения – шумомеры Casella CEL 1-го или 2-го класса точности.

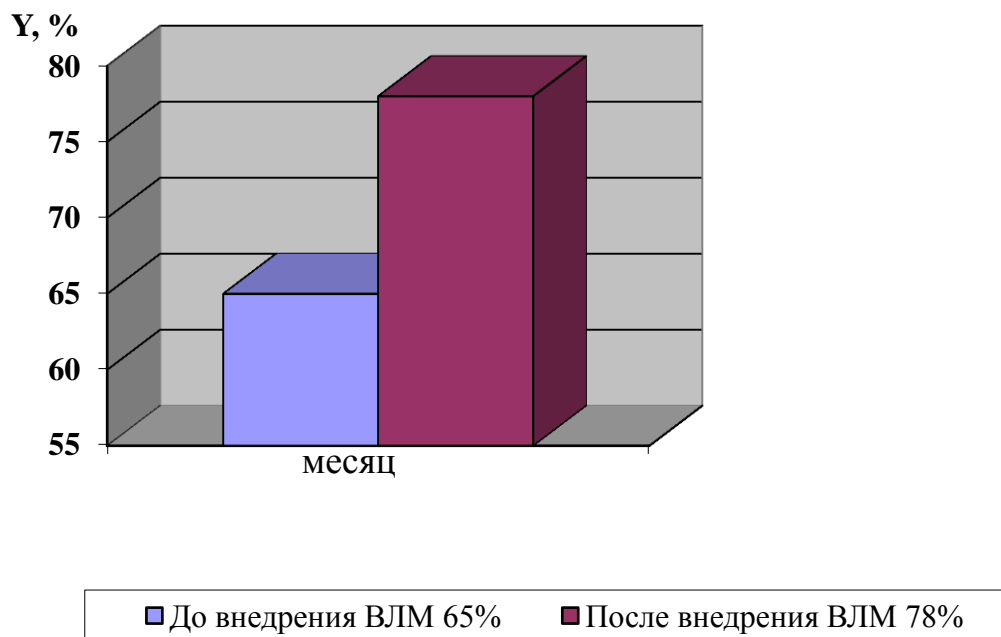
Измерение уровня шума при производстве силовых трансформаторов проводился при помощи шумомера Casella CEL 1-го класса точности, в комплекте с измерительным микрофоном. Условия для проведения данного измерения следующие:

- направление измерительного микрофона должно быть в сторону основного источника шума и удален не менее чем на 500 м от оператора;
- значения уровня шума постоянного и прерывистого нужно брать по средним показаниям при колебании стрелки прибора;
- длительность измерения постоянного шума должна быть не меньше 3 минут. В каждой точке производятся не меньше трех отсчетов значений звука;
- во время измерения уровня шума, в помещение обязаны находиться только сотрудники, измеряющие уровень шума;
- когда источники шума присутствуют в помещении промышленного цеха, форточки, фрамуги и все вентиляционные проемы данного помещения должны быть при измерении уровня шума на селитебной территории в свободном доступе, в случае, если это учитывается критериями эксплуатации;
- переключатель временной характеристики измерительного оборудования обязан быть установлен в положение «медленно» при измерении постоянного и прерывистого шума и в положение «быстро» при изменении колеблющегося во времени шума.

В процессе измерения уровня звука все вышеперечисленные условия выполнялись, и результаты измерения были показаны на экране прибора.

До внедрения ВЛМ сила звука составляла 65% экологической безопасности, после внедрение устройства ВЛМ, сила звука составила 78%.

На рисунке 7 показана диаграмма повышения экологической безопасности при внедрении устройства виброшумопоглощающего листового материала как способ снижения вибрации и шума.



ВЛМ – виброшумопоглощающий материал

Рисунок 7 – Диаграмма повышения экологической безопасности при внедрении способа и устройства виброшумопоглощающий листовой материал для снижения вибрации и шума

Виброшумопоглощающий листовой материал и способ снижения вибрации и шума, выполненный из отвержденной вибропоглощающей мастики, содержащей графит. Данный материал является эффективным при использовании для вибропоглощения и звукоизоляции в машиностроении (авиа-, судо-, вагоностроении, ракетно-космической отрасли, автомобилестроении, станкостроении, пр.), строительстве и других отраслях промышленности [3].

Изобретение относится к жестким вязкоупругим материалам, которые могут быть использованы для вибропоглощения и звукоизоляции в машиностроении, строительстве и других отраслях промышленности. Виброшумопоглощающий жесткий листовой материал выполнен из отвержденной вибропоглощающей мастики, содержащей графит. Изобретение также относится к способу снижения вибрации и шума конструкции с использованием указанного материала. Листовой материал приводит к улучшению виброакустических характеристик демпфируемой конструкции по сравнению с мастичным способом нанесения вибропоглощающего слоя и имеет неограниченный срок хранения [3].

Изобретение относится к виброшумопоглощающему листовому (плиточному) материалу, выполненному из отвержденной вибропоглощающей мастики, содержащей графит. Данный материал является эффективным при использовании для вибропоглощения и звукоизоляции в машиностроении (авиа-, судо-, вагоностроении, ракетно-космической отрасли, автомобилестроении, станкостроении, пр.), строительстве и других отраслях промышленности. Кроме того, в настоящем изобретении предложен способ снижения вибрации и шума конструкций, при котором на поверхности указанных конструкций формируют слой из виброшумопоглощающего материала по изобретению [3].

Материал по изобретению лишен недостатков известных материалов. Его использование исключает возможность брака при создании демпфирующего слоя (покрытия), не требует предварительной подготовки перед применением, не имеет ограниченной по времени жизнеспособности, а также не требует особых условий транспортировки и хранения (возможны транспортировка и хранение при отрицательных температурах). Использование этого материала позволяет легко и быстро создать демпфирующее покрытие. Кроме того, авторы изобретения неожиданно обнаружили, что листовой материал по изобретению приводит к улучшению виброакустических характеристик демпфируемой конструкции по сравнению

с мастичным способом нанесения вибропоглощающего слоя, то есть обладает более эффективными демпфирующими свойствами. Также материал по изобретению неожиданно имеет неограниченный срок хранения в отличие от мастики, из которой он изготовлен [3].

Аспектом изобретения является способ снижения вибрации и шума конструкции, при котором на поверхности указанной конструкции формируют слой из виброшумопоглощающего материала по изобретению. С помощью указанного материала достигается уменьшение вибрации (виброзащита) на 20% и звукоизлучения (звукоизоляция) конструкций [3].

Формируемый на конструкции слой из материала по изобретению может быть наружным, то есть представлять собой покрытие, либо на такой слой может быть дополнительно нанесено другое покрытие. Это определяется спецификой конструкции и областью ее использования и не влияет на обеспечиваемые материалом преимущества [3].

Задачей изобретения является предотвратить повышенный уровень шума при производстве силовых трансформаторов путем виброшумопоглощающего материала.

Поставленные задачи решаются при помощи покрытия слоя на поверхность конструкции из виброшумопоглощающего материала.

Основным критерием повышения экологической эффективности при производстве силовых трансформаторов является сокращение повышенного уровня шума путем внедрения виброшумопоглощающего листового материала, который позволяет достигать уменьшение вибраций и шума. Это позволяет минимизировать негативное воздействие на окружающую среду, улучшая показатель экологической безопасности.

Таким образом, после внедрения устройства виброшумопоглощающего листового материала для снижения вибрации и шума, позволило нам достигнуть поставленной цели и улучшить экологическую безопасность при производстве силовых трансформаторов на 20%.

Заключение

В процессе исследования мероприятий для повышения эффективности экологической безопасности при производстве силовых трансформаторов на примере ООО «Тольяттинский Трансформатор» было показано, что несоблюдение не только нормативно-правовых документов оказывает негативное влияние на окружающую среду, но и должно уделяться достаточного времени проверке оборудования и его элементам.

Соблюдение правил эксплуатации должны быть следующими:

- установка трансформаторов и реакторов обязана реализовываться в соответствии с правилами и нормами электроустановок;
- нагрузка, степень напряжения, температура, свойства масла и характеристики изоляции обязаны соответствовать установленным нормам;
- регулировка напряжения, защита, прибор для охлаждения обязаны быть в исправном состоянии;
- уровень масла в расширителе отключенного трансформатора обязан находиться на отметке, которая соответствует температуре масла трансформатора в настоящий момент.

Было предложено устройство для предотвращения взрыва силового трансформатора – RU 113066. При коротком замыкании и дуге, возникающей в активной части трансформатора, выделяется большое количество газов, образующихся при разложении трансформаторного масла. Полезная модель относится к экологически чистым пожаробезопасным неразрушающим системам защиты силовых трансформаторов при коротком замыкании в активной части трансформатора и может быть использована в маслonaполненных трансформаторах средней и большой мощности с целью предотвращения катастрофических последствий тяжелого внутреннего повреждения трансформатора. В предложенной полезной модели отсутствует задержка во времени сброса давления в баке трансформатора, так как нет

трубопроводов, соединяющих бак с декомпрессионной камерой, что повышает эффективность защитного устройства.

Поставленная техническая задача решается тем, что в устройстве для предотвращения взрыва силового трансформатора, содержащее декомпрессионную камеру, расположенную вне бака трансформатора, и разрывную мембрану, декомпрессионная камера выполнена в виде складного пакета из термостойкого полотна и закреплена на внешнем фланце разрывной мембраны. Указанная совокупность признаков обеспечивает быстрый сброс давления в баке при коротком замыкании (КЗ) в течение не более 2,5 мс. Образующиеся газы и масло сбрасываются в камеру, раскрывающуюся по мере поступления в нее продуктов.

Так же для снижения повышенного уровня шума было предложено устройство виброшумопоглощающий листовой материал и способ снижения вибрации и шума, при котором на поверхности указанной конструкции формируют слой из виброшумопоглощающего материала по изобретению. С помощью указанного материала достигается уменьшение вибрации (виброзащита) и звукоизлучения (звукоизоляция) конструкций.

В ходе опытно-экспериментальной апробации методологии оценки экологической эффективности на электротехническом предприятии выявили, что показатель силы звука до внедрения устройства ВЛМ составлял 65% экологической безопасности. При внедрении устройства виброшумопоглощающего листового материала как способа для снижения вибрации и шума показатель силы звука составил 85%, а это значит, что экологическая безопасность увеличилась на 20%.

Был проведен анализ, по результатам которого составлена диаграмма для наглядного просмотра результатов проделанной работы в области экологической безопасности.

Рассматривается и поднимается вопрос об улучшении и модернизации системы экологической безопасности при производстве силовых трансформаторов.

Были выявлены возникающие негативные факторы, которые несут вред окружающей среде при электротехнических работах, такие как повышенный уровень шума, который происходит при производстве силовых трансформаторов и приводит к сбоям естественного баланса экологических систем. Повышенный уровень шума так же создают вентиляторы системы охлаждения. Проблемы с повреждениями силовых трансформаторов могут вызвать взрыв, из-за слабых элементов оборудования, содержащее трансформаторное масло.

При коротком замыкании и дуге, возникающей в активной части трансформатора, выделяется большое количество газов, образующихся при разложении трансформаторного масла. В основном это ацетилен и водород, который при высокой температуре при контакте с воздухом самовоспламеняется, что приводит к пожару и тяжелым авариям. Процесс развивается в течение десятков миллисекунд, при этом давление в баке резко возрастает, превышая критические параметры.

На основе данного анализа были применены модели для повышения эффективности экологической безопасности при производстве силовых трансформаторов:

1. Устройство для предотвращения взрыва силового трансформатора;
2. Виброшумопоглощающий листовый материал как способ снижения вибрации и шума.

Данные модели направлены на борьбу с повышенным уровнем шума, вибрацией, взрывом и с большим количеством выделения газов, образующихся при разложении трансформаторного масла.

Таким образом, в процессе исследования были решены следующие задачи:

1. Проведен анализ нормативно правовой базы в области энергетики и электроэнергетической промышленности;
2. Проведен анализ хозяйственной деятельности предприятия ООО «Тольяттинский Трансформатор»;

3. Составлена характеристика работы производства электротехнического предприятия ООО «Тольяттинский Трансформатор»;
4. Проведен анализ негативных факторов при производстве силовых трансформаторов, влияющих на окружающую среду;
5. Составлены рекомендации по снижению уровня загрязнения среды предприятием ООО «Тольяттинский Трансформатор»;
6. Исследованы результаты внедрения рекомендаций по снижению уровня загрязнения среды предприятием ООО «Тольяттинский Трансформатор».

В результате проведенного исследования были разработаны рекомендации по снижению негативных факторов на окружающую среду в результате хозяйственной деятельности предприятием ООО «Тольяттинский Трансформатор». Таким образом, цель работы была достигнута.

Доказана гипотеза, что внедрение рекомендаций по повышению эффективности экологической безопасности при производстве силовых трансформаторов на примере ООО «Тольяттинский Трансформатор» позволит снизить уровень загрязнения окружающей среды предприятием на 20%.

Список используемых источников

1. Трансформаторы силовые. Общие технические условия (утв. Постановлением Госстандарта ССР от 24.09.1985 N 3005) [Электронный ресурс]: Федеральный закон Российской Федерации. ГОСТ 11677–85 (ред. от 12.09.2018). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200004970/> (дата обращения: 13.05.2019).
2. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7–ФЗ (ред. от 27.12.2019). URL: <http://docs.cntd.ru/document/901808297> (дата обращения 18.05.2020).
3. Пат. 2553862 Российская Федерация, МПК G10K 11/162. Вибропоглощающий листовый материал и способ снижения вибрации и шума, [Текст] / Байков А.В. (RU), Байкова И.А. (RU); патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственная фирма «ГРОТ» (RU) – № 2013152683; заявл. 28.11.2013; опубл. 20.06.2015. Бюл. № 17.
4. Устройство для предотвращения взрыва силового трансформатора [Текст]: пат. 113066 Российская Федерация, МПК H01F 27/14 (2006.01) [Электронный ресурс]. URL: <https://www1.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=1fe714d21626ce00cd0c32691454c055> (дата обращения 28.05.20).
5. Конституция Российской Федерации (принята на всенародном голосовании 12.12.1993г.) (ред. от 14.03.2020) [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9004937> (дата обращения 18.05.2020).
6. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы управления охраной труда. Общие требования (с Изменением N 1) [Электронный ресурс]: Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.0.230–2007

(ред. от 12.09.2018). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200052851> (дата обращения: 14.05.2019).

7. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Система управления охраной труда в организации. Общие требования по разработке, применению, оценке и совершенствованию [Электронный ресурс]: Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 12.0.007–2009 (ред. от 12.09.2018). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071037> (дата обращения: 18.05.2020).

8. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [Электронный ресурс]: Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.0.003–2015 (ред. от 12.09.2018). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200136071> (дата обращения: 18.05.2020).

9. Производственный экологический мониторинг. Общие положения [Электронный ресурс]: Национальный стандарт Российской Федерации. ГОСТ Р 56059–2014 (ред. от 12.09.2018). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200111617> (дата обращения 18.05.2020).

10. Производственный экологический контроль. Общие положения [Электронный ресурс]: Национальный стандарт Российской Федерации. ГОСТ Р 56062–2014 (ред. от 12.09.2018). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200111620> (дата обращения 18.05.2020).

11. Официальный сайт ООО «Тольяттинский Трансформатор» [Электронный ресурс]. URL: <https://transformator.com.ru/> (дата обращения: 16.05.2019).

12. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух [Электронный ресурс]: (ред. от 24.12.2004г. № 14-01-333). URL: <http://docs.cntd.ru/document/499034477> (дата обращения 18.05.2020).

13. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности [Электронный ресурс]: Межгосударственный

стандарт ГОСТ 12.1.003–2014 (ред. от 09.01.2019). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200118606> (дата обращения: 17.05.2020).

14. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования [Электронный ресурс]: Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.1.012–2004 (ред. от 12.09.2018). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200059881> (дата обращения: 17.05.2020).

15. Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования [Электронный ресурс]: Межгосударственный стандарт ГОСТ 31191.1–2004 (ИСО 2631–1:1997) (ред. от 12.09.2018) URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200060904> (дата обращения: 17.05.2020).

16. Ganesan, S. Selection of current transformers & wire sizing in substations [Электронный ресурс] / ABB Inc. 2016. URL: <https://electrical-engineering-portal.com/download-center/books-and-guides/power-substations/current-transformers-wire-sizing> (дата обращения 20.05.20).

17. Ryskin T.P. Rules for the installation of electrical installations // Technological catastrophes. – 2016. - № 22. – с. 83-86.

18. Electrical-Based Diagnostic Techniques for Assessing Insulation Condition in Aged Transformers [Электронный ресурс] / Issouf Fofana, Yazid Hadjadj. URL: <http://www.mdpi.com/1996-1073/9/9/679/htm> (дата обращения: 20.05.2020).

19. Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» [Электронный ресурс] Российская Федерация (ред. от 26.07.2019). URL: <https://base.garant.ru/12115550/> (дата обращения 17.05.2020).

20. Производственный экологический контроль. Требования к программе производственного экологического контроля [Электронный ресурс]: Национальный стандарт Российской Федерации (ред. от 12.09.2018). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200111619> (дата обращения 18.05.2020).

21. О стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года [Электронный ресурс]: Указ Президента РФ (ред. от

21.04.2017). URL: <https://base.garant.ru/71659074/> (дата обращения 18.05.2020).

22. О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» [Электронный ресурс]: Указ Президента РФ (ред. от 21.04.2017). URL: <http://base.garant.ru/71296054/> (дата обращения 18.05.2020).

23. DOE Handbook: Good practices for the behavior based safety process. Washington, D.C., U.S. Department of Energy. (Available from the U.S. Department of Commerce, Technology Administration, National Technical Information Service, Springfield, VA (703) 605-6000), 2003.

24. Yangho Kim, Jungsun Park, Mijin Park, 2016, Creating a Culture of Prevention in Occupational Safety and Health Practice [Электронный ресурс]: ScienceDirect. Journals & Books. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2093791116000093> (дата обращения: 17.05.2020).

25. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация [Электронный ресурс]: Межгосударственный стандарт. ГОСТ 12.4.011–89 (ред. от 12.09.2018). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200000277> (дата обращения: 17.05.2020).

26. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24 июня 1998 г. № 89–ФЗ [Электронный ресурс]. Межгосударственный стандарт (ред. от 07.04.2020). URL: <http://docs.cntd.ru/document/9051628> (дата обращения: 17.05.2020).

27. Методические указания. Регулирование выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях [Электронный ресурс]: Руководящий документ. РД 52.04.52–85 (ред. 31.05.2018). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200031405/> (дата обращения 18.05.2020).

28. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Одежда специальная повышенной видимости. Технические требования [Электронный ресурс] Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.4.281–2014 (ред. от

09.01.2019). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200116352> (дата обращения 18.05.2020).

29. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух [Электронный ресурс]: (ред. от 24.12.2004 № 14-01-333). URL: <http://docs.cntd.ru/document/499034477> (дата обращения 18.05.2020)

30. ССБТ. Шум. Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях [Электронный ресурс] Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.1.036 (ред. от 12.09.2018). URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200312> (дата обращения: 17.05.2020).

31. Топчий К.Ю. Карта энергетической безопасности // Научно-практический электронный журнал Аллея науки. – 2020. – №5(44).

32. Трансформаторы силовые. Общие положения. [Электронный ресурс] Межгосударственный стандарт ГОСТ 30830–2002 (ред. от 12.09.2018). URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-30830-2002> (дата введения: 01.01.2004).

33. Приказ Минэнерго России «Об утверждении Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» [Электронный ресурс] Министерство энергетики Российской Федерации (ред. 13.09.2018).

34. Трансформаторы силовые масляные общего назначения напряжением до 35 кВ включительно. Технические условия [Электронный ресурс] Государственный стандарт ГОСТ 11920–85 (ред. от 12.09.2018). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200012411> (дата введения: 01.01.2004).

35. Трансформаторы силовые масляные общего назначения классов напряжения 110 и 150 кВ. Технические условия [Электронный ресурс] Государственный стандарт ГОСТ 12965–85 (ред. от 12.09.2018). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200012412> (дата введения: 01.01.2004).

36. Трансформаторы силовые масляные общего назначения. Допустимые нагрузки [Электронный ресурс] Межгосударственный стандарт

ГОСТ 14209–85 (ред. от 12.09.2018). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200012414> (дата введения: 01.01.2004).

37. Трансформаторы силовые трехфазные герметичные масляные. Технические условия [Электронный ресурс] Межгосударственный стандарт ГОСТ 16555–75 (ред. от 12.09.2018). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200012416> (дата введения: 01.01.2004).

38. Трансформаторы силовые. Термины и определения [Электронный ресурс] Межгосударственный стандарт ГОСТ 16110–82 (ред. от 12.09.2018). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200011357> (дата введения: 01.01.2004).

39. Трансформаторы силовые. Испытания баков на механическую прочность [Электронный ресурс] Государственный стандарт ГОСТ 3484.4–88 (ред. от 12.09.2018). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200012452> (дата введения: 01.01.2004).

40. Трансформаторы силовые. Методы электромагнитных испытаний [Электронный ресурс] Государственный стандарт ГОСТ 3484.1–88 (ред. от 12.09.2018). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200012449> (дата введения: 01.01.2004).