

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки: 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Отделение материаловедения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование характеристик пробы твердых горючих ископаемых при воздействии джоулева тепла и частичных разрядов

УДК:662.73/.74:537.521-047.37

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ТМ61	Калыкова Эльмира Канатовна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения материаловедения	Мартемьянов С.М	к.т.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения социально-гуманитарных наук	Старикова Е.В	к.ф.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор отделения контроля и диагностики	Ахмеджанов Р.Р	д.б.н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Техника и физика высоких напряжений	Жгун Д.В	к.т.н.		

Томск – 2018 г

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения
Универсальные компетенции	
P1	Способность <i>совершенствовать</i> и развивать свой <i>интеллектуальный и общекультурный уровень</i> , добиваться <i>нравственного и физического совершенствования</i> своей личности, обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности.
P2	Способность <i>использовать иностранный язык в профессиональной сфере</i> .
P3	Способность применять на практике <i>навыки и умения в организации</i> научно-исследовательских и производственных работ, в <i>управлении коллективом</i> , использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности
P4	Способность использовать методологические основы <i>научного познания и творчества</i> , научную информацию в развитии отрасли, навыки проведения работ с использованием <i>современных информационных технологий</i> ; синтезировать и критически резюмировать информацию.
Профессиональные компетенции	
P5	Способность применять <i>углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания</i> в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности в области электроэнергетики и электротехники.
P6	Способность <i>ставить и решать инновационные задачи</i> инженерного анализа в области электроэнергетики и электротехники с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности
P7	Способность выполнять <i>инженерные проекты</i> с применением оригинальных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества электроэнергетического и электротехнического производства в условиях жестких экономических и экологических ограничений.
P8	Способность выполнять инновационные <i>инженерные исследования</i> в области электроэнергетики и электротехники, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов.
P9	Способность проводить <i>технико-экономическое обоснование</i> проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.
P10	Способность проводить <i>монтажные, регулировочные, испытательные, наладочные работы</i> электроэнергетического и электротехнического оборудования.
P11	Способность осваивать <i>новое</i> электроэнергетическое и электротехническое <i>оборудование</i> ; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт.
P12	Способность разрабатывать <i>рабочую проектную и научно-техническую документацию</i> в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; организовывать метрологическое обеспечение электроэнергетического и электротехнического оборудования; <i>составлять оперативную документацию</i> , предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы

Министерство образования и науки Российской Федерации



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки: 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
4ТМ61	Калыкова Эльмира Канатовна

Тема работы:

Исследование характеристик пробы твердых горючих ископаемых при воздействии джоулева тепла и частичных разрядов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 1799/с от 15.03.2018

Срок сдачи студентом выполненной работы:	09 июня 2018 года
--	-------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Литературные данные, результаты при проведении НИР и прохождении практик.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1- Литературный обзор 2- Разработка методики по пробою горючих сланцев 3- Экспериментальные результаты 4- Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 5- Социальная ответственность
Перечень графического материала	Презентация в Microsoft PowerPoint

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Старикова Екатерина Васильевна
Социальная ответственность	Ахмеджанов Рафик Равильевич
Разделы, выполненные на иностранном языке	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	22 января 2018 г.
---	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения материаловедения	Мартемьянов С.М	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ТМ61	Калыкова Эльмира Канатовна		

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки: 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Уровень образования: магистр
Отделение материаловедения
Период выполнения: 2017/2018 учебный год

Форма представления работы:

магистерская диссертация

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08 июня 2018 г.
--	-----------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.2018	Литературный обзор	15
01.04.2018	Разработка методики по пробою горючих сланцев	30
15.04.2018	Экспериментальные результаты	30
30.04.2018	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
12.05.2018	Социальная ответственность	10
27.05.2018	Разделы, выполненные на иностранном языке	5
		<i>Сумма: 100 баллов</i>

Составил руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения материаловедения	Мартемьянов С.М	к.т.н		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Техника и физика высоких напряжений	Жгун Дмитрий Владимирович	к.т.н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 120 страниц, 37 рисунков, 20 таблиц, 48 источников и 1 приложения.

Ключевые слова: ТЕПЛОВОЙ И ТРИИНГОВЫЙ ПРОБОЙ, ДЕНРИТ, ГОРЮЧИЕ СЛАНЦЫ, ЧАСТИЧНЫЙ РАЗРЯД, ТВЕРДЫЕ ТОПЛИВА.

Актуальность темы: оценка целесообразности применения электрофизического способа конверсии твердых горючих ископаемых.

Объект исследования является тепловой и триинговый пробой в горючих сланцах. Пробой как способ формирования нагревательного элемента в толще пласта, для дальнейшей термической конверсии органических компонентов породы.

Цель исследовательской работы: экспериментальное определение влияния времени воздействия частичных разрядов и джоулева тепла на напряжение и механизм пробоя.

В ходе исследования была проведена серия опытов по пробую горючего сланца, выявлены зависимости характеризующие тепловой и триинговый пробой.

В результате научно - исследовательской работы была установлена возможность осуществления как чисто теплового пробоя так и совокупность с влиянием частичных разрядов.

В работе были рассмотрены вопросы экономической эффективности проекта и социальной ответственности.

ABSTRACT

Final qualification work consists of 120 pages, 37 figures, 20 tables, 48 sources and 1 attachment.

Keywords: THERMAL AND TREEING BREAKDOWN, DENDRIT PARTIAL DISCHARGES, COMBUSTIBLE SHALES, SOLID FUELS.

Relevance of the topic: evaluation of the expediency of using the electro-physical method of conversion of solid fossil fuels.

Object of a research is thermal and treeing breakdown in oil shales. Thermal breakdown as a method of forming a heating element in the shale formation, for further thermal conversion of organic formation components.

Aim of the study is the experimental determination of the partial discharges action time influence and Joule heat influence on the voltage and the mechanism of breakdown.

During the course of study, a series of experiments on the breakdown of oil shale was conducted, and dependences characterizing the thermal and triage breakdown were revealed.

As a result of scientific research, it was established that both pure thermal breakdown and the combination with the effect of partial discharges can be realized.

The paper also addressed issues of economic efficiency of the project and social responsibility.

Обозначения и сокращения:

ЧР - частичные разряды

ГС - горючий сланец

ВН - высокое напряжение

ФВЧ - фильтр высоких частот

РОТМ - регулятор напряжения однофазный трансформаторный масляный

Содержание

Введение.....	11
1 Основные закономерности пробоя твердых диэлектриков	12
1.1 Краткая характеристика пробоя при воздействии высокого напряжения	12
1.2 Тепловой пробой первого, второго и третьего рода	13
1.3 Тепловой пробой твердых диэлектриков	18
1.4 Тепловой пробой в канале высокой проводимости.....	22
1.5 Электрический триинг	23
1.5.1 Электрический триинг в кабеле сшитого полиэтилена	26
1.6 Измерение характеристик частичных разрядов.....	32
2 Методика и оборудование	36
2.1 Методика эксперимента	36
2.2 Используемое оборудование	37
2.3 Экспериментальная часть	39
3 Динамика характеристик ГС и электрофизических явлений происходящих в них под действием высокого напряжения.....	41
3.1 Структурный и фазовый состав горючих сланцев	41
3.2 Получения осциллограмм полного и ВЧ токов через образец сфазированных с напряжением	44
3.3 Получение термограмм полученных при воздействии напряжения на горючие сланцы.....	49
3.4 Получение зависимостей напряжения, проводимости и температур от времени.....	55
4 Финансовый менеджмент , ресурсоэффективность и ресурсосбережение	59
4.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	61
4.1.1 Потенциальные потребители результатов НТИ	62
4.2 Иерархическая структура работ	63
4.3 Оценка коммерческого и инновационного потенциала.....	64
4.4 Планирование научно-технического проекта	66

4.5 Бюджет научно-технического исследования (НТП)	70
4.6 Анализ и оценка научно-технического уровня исследования	76
5 Социальная ответственность	78
5.1 Техногенная безопасность	84
5.2 Анализ опасных факторов производственной среды.....	91
5.3 Экологическая безопасность.....	94
5.4 Организационные мероприятия обеспечения безопасности.....	94
5.5 Особенности законодательного регулирования проектных решений	96
5.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	96
Заключение	99
Список использованных источников	101
Приложение А.	106
CD диск	

Введение

Горючий сланец уникален в своем роде твердое горючее топливо, состоящее из минеральной и органических составляющих, что делает его весьма привлекательным для нефтегазовой промышленности.

На сегодняшний день известно много видов добычи и переработки твердых горючих топлив, но все они так или иначе имеют ряд недоработок и несовершенств. Одним из перспективных направлений является электрофизический способ конверсии твердых горючих топлив. Главной особенностью которого является простота и относительно невысокая стоимость оборудования, универсальность способа для различного рода месторождений, экологическая безопасность, а также переработка топлива на месте залегания пласта.

Цель научно-исследовательской работы экспериментальное определение влияния времени воздействия частичных разрядов и джоулева тепла на напряжение и механизм пробоя .

Задачей исследования является:

- 1 установить критерии определения механизма наиболее существенно влияющего на пробой;
- 2 определить динамику характеристик ЧР и поля температур в горючих сланцах при воздействии высокого напряжения;
- 3 определить динамику характеристик горючих сланцев при воздействии высокого напряжения;

Частичные разряды являются иницирующим фактором нагрева горючих ископаемых и дальнейшей их конверсии.

1 Основные закономерности пробоя твердых диэлектриков

1.1 Краткая характеристика пробоя при воздействии высокого напряжения

В зависимости от характеристик изучаемого диэлектрика, рода приложенного напряжения, а также проведения опыта можно установить три вида пробоя.

1 Электрический пробой диэлектриков происходит в результате электрических явлений при условии что в процессе прилагаемого напряжения исключены различного рода химические изменения или его перегрева за счет выделяющейся энергии.

2 Тепловой пробой происходит вследствие выделения энергии внутри диэлектрика при приложении напряжения. С увеличением температуры увеличивается и количество выделившейся энергии, что вскоре, при некотором напряжении, которым называют напряжением теплового пробоя, тепловыделение в диэлектрике превысит теплоотдачу в окружающую среду. Это явление обуславливает непрерывный рост температуры во времени и нарушение диэлектрика в целом.

3 Дегградация материала при воздействии высокого напряжения в существенной мере связан с развитием частичных разрядов, как правило, возникающий в ослабленных участках диэлектрика вызывает разрушение диэлектрика в процессе воздействия частичных разрядов.

Довольно часто мы слышим термин "старение материала", основным механизмом старения диэлектрика служит воздействие частичных разрядов. Как оказалось, в энергетических установках на диэлектрик действуют, как правило, переменное электрическое поле, при этом при воздействии переменного напряжения с определенной амплитудой в газовых или воздушных порах возникают частичные разряды [1].

Локальный лавинообразный разряд в газовой поре диэлектрика называют частичным разрядом. Каждый из разрядов оказывает

воздействие на диэлектрик за счет повышенной температуры, образование активных радикалов, а также излучения. Интенсивность ЧР напрямую зависит от напряженности электрического поля, со временем интенсивность их действия нарастает, что вскоре приводит к постепенному разложению и росту давления в поре, появлению обуглероживания, что приводит к образованию дендрита. Дендритом называют древовидное образование в теле диэлектрика, который имеет повышенную проводимость, приводящий к разрушению диэлектрика. Также стоит отметить, что интенсивность роста дендрита зависит и от частоты воздействующего напряжения.

1.2 Тепловой пробой первого, второго и третьего рода

Различают два рода теплового пробоя - это первого и второго рода, до сих пор мы рассматривали условия теплового пробоя для случая медленного поднятия напряжения. Такой пробой может быть назван статическим. В качестве основного критерия теплового пробоя первого рода, принимают условие нарушения равновесного теплового состояния диэлектрика под действием электрического поля.

Канал пробоя по Вагнеру

В первом варианте своей теории Вагнер допустил, что пробой пластинки диэлектрика толщиной d происходит внутри цилиндрической нити сечения q (рисунок 2). Эта нить имеет по всему своему объему одинаковую температуру,

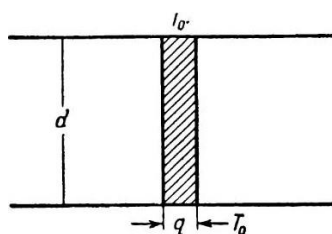


Рисунок 1- Схематическое изображение вагнеровского канала пробоя

несколько большую температуры окружающего диэлектрика, а также несколько большую проводимость. Температура электродов T_0 поддерживается постоянной. Если пренебречь влиянием тока вне канала, то отдача тепла пропорциональна разности температур T и T_0 , где T — температура канала, а кроме того, длине капала d . Тогда в стационарном состоянии

$$\sigma \cdot E^2 \cdot q \cdot d = \beta \cdot (T - T_0) \cdot d \quad (6)$$

Электропроводность полупроводника подчиняется закону

$$\sigma = A \cdot e^{-B/T} \quad (7)$$

Если разность между T и T_0 не очень велика, то это выражение можно заменить приближенно следующим:

$$\sigma = \sigma_0 \cdot e^{\alpha}, \text{ где}$$

$$\sigma_0 = \sigma \cdot (T_0), \quad a = B / (T_0)^2 \quad \tau = T - T_0 \quad (8)$$

Из (6) тогда вытекает

$$\sigma \cdot E_2 \cdot q \cdot \sigma \cdot e \cdot \alpha = \beta \cdot \tau \quad (9)$$

Это уравнение можно решить графически, находя пересечение прямой τ с графиком функции, стоящей в левой части. Как видно из рисунка 3, от величины констант зависит, имеется ли такое пересечение вообще, т. е. имеет ли (9) одно, два или же не имеет ни одного решения. Очевидно,

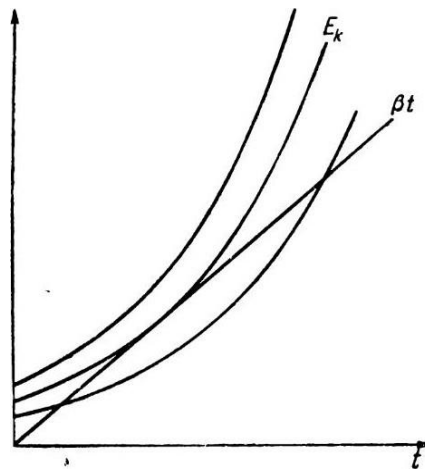


Рисунок 2 - Кривые, иллюстрирующие графическое определение критического поля

искомой неустойчивой точкой пересечения является точка касания, а это означает, что производная по t обращается в нуль. Таким образом, имеем

$$\sigma \cdot E^2 \cdot q \cdot k \cdot \sigma \cdot e^{\alpha t_k} = \beta \quad (10)$$

Из (9) и (10) легко найти выражения для критической напряженности поля и критической температуры

Экспоненциальное падение электрической прочности с температурой, пропорциональное $(d\sigma/dT)^{-1/2}$ очень хорошо подтверждается экспериментом (рисунок 4), который в тоже время не подтверждает независимость прочности от толщины. Однако отметим, что абсолютную величину E_k

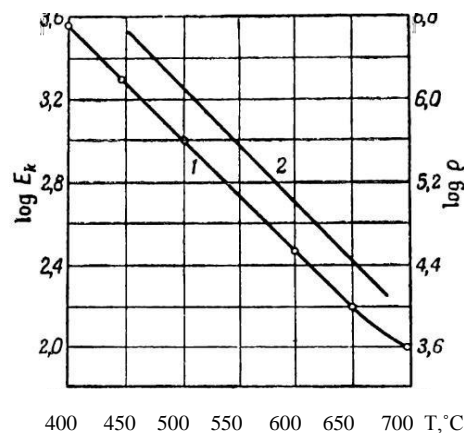


Рисунок 3 - Зависимость логарифмов пробивного напряжения (1) и удельного сопротивления (2) от температуры в каменной соли

вычислить нельзя, так как в выражение для нее входит неизвестный параметр (сечение канала). Следует также остановиться на предположении, что формулу (7) можно приближенно заменить формулой (8). Это предположение оправдано лишь в случае, когда $T_k \approx T_0$. Согласно (7) и (9), это означает, что мы должны иметь $T_0 \approx V$. Так как V у изоляторов имеет порядок 10000°C , то такое допущение достаточно хорошо оправдывается. Интересно, что для T_k получаются значения между 10 и 50°C , так что температура канала лишь ненамного превышает температуру внешней среды. Более того, разность температур тем меньше, чем температуры среды ниже. Чтобы представить себе это, нужно учесть, что процесс проплавления начинается только после того, как под действием внешнего напряжения будет пройдена критическая точка. Согласно упомянутой выше работе Инге и Вальтера, повышение температуры представляет собой сравнительно медленный процесс, особенно при низких температурах внешней

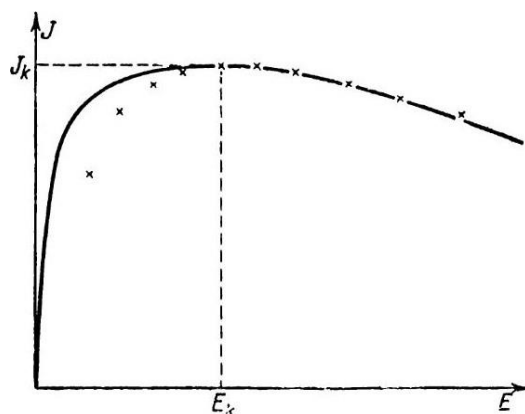


Рисунок 4 - Вольтамперные характеристики, полученные по теории Вагнера и экспериментально

среды. Так как выделившееся в единицу времени количество тепла пропорционально электропроводности, то время, необходимое для повышения температуры на T_k , обратно пропорционально электропроводности $\sigma(T_0)$.

Из (9) можно определить также вольтамперную характеристику, вводя параметр $p = \sqrt{at}$:

$$E = E_k \cdot p \cdot e^{1-p^2/2} \tag{11}$$

$$J = J_k \cdot p \cdot e \cdot p_2^{-1/2}$$

Эта формула при больших значениях силы тока хорошо описывает кривые, полученные Вагнером для стекла (Рисунка 5). Некоторое расхождение при малых значениях тока объясняется тем, что в измерениях Вагнера по возможности исключалось образование канала, которое как раз лежит в основе вывода формул. Впрочем, отклонение экспериментальной зависимости от толщины от расчетной указывает на то, что не всегда на опыте образуется вагнеровский канал. Поэтому нужно построить теорию теплового пробоя однородной пластинки диэлектрика, через которую протекает ток [2].

В то время как тепловой пробой второго рода считается, если он происходит еще до нарушения теплового равновесия при увеличении температуры внутри диэлектрика под действием электрического поля до термического разложения или до точки плавления. Тепловой пробой второго рода может наблюдаться только в термически нестойких диэлектриках. Появились работы Keller К. и Vermeer J., в которых указывается на возможность теплового пробоя третьего рода. В качестве условия пробоя принимается искажение поля в самом диэлектрике. При разогреве диэлектрика электрическим полем, в некоторых участках напряженность принимает значение равной внутренней электрической прочности. Дальнейший процесс развития пробоя схож с электрическим.

Keller К. и Vermeer J. не привели достаточного обоснования предлагаемого ими механизма теплового пробоя, однако, как представляется

авторам, воспользовавшись соотношениями выведенными в точной теории теплового пробоя Фока В.А., в которой учитывается искажение поля, которые как правило возникают в результате разогрева диэлектрика, отсюда делается вывод, что тепловой пробой третьего рода возможен.

Прежде всего запишем в математической форме условие теплового пробоя третьего рода. Ранее известно, что в плоском одномерном диэлектрике напряженность поля в слое диэлектрика при равновесном тепловом состоянии можно получить из соотношения:

$$E = dU/dz = j\rho e - at \quad (1)$$

где ρ удельное сопротивление; j - плотность тока в диэлектрике.

В точках с наиболее низкой температурой, т.е. у поверхности диэлектрика максимальная напряженность поля в слое равна:

$$E_{max} = j\rho e - at_1 \quad (2)$$

где t_1 - температура поверхности диэлектрика.

Если пробой происходит при условии $E_{max} = E_{пр.эл}$ т.е. внутренней электрической прочности, условие теплового пробоя третьего рода будет выглядеть так:

$$E_{пр.эл} = j\rho e - at_1 \quad (3)$$

Тогда величину пробивного напряжения можно получить из условия (3), если известна зависимость плотности тока и температуры диэлектрика от величины прикладываемого напряжения [3].

1.3 Тепловой пробой твердых диэлектриков

Как уже было сказано выше, основная идея тепловой теории пробоя заключается в том, что электропроводность диэлектрика растет с

температурой, а следовательно, даже сравнительно малый ток приводит к росту электропроводности вследствие повышения температуры. По этой причине зависимость силы тока от приложенного напряжения отклоняется от закона Ома; сопротивление с увеличением силы тока уменьшается, и только условия теплоотдачи определяют возможность установления стационарной плотности тока. Очевидно, что при заданных условиях можно настолько повысить напряжение, что описанная выше закономерность уже не будет выполняться. В таком случае рост силы тока происходит сначала при сохранении постоянного напряжения, а потом даже при его уменьшении (отрицательная характеристика). Эту отрицательную характеристику нельзя определять на опыте без предосторожностей, поскольку она соответствует быстрому росту тока и тем самым проплавлению материала. Вагнеру удалось снять отрицательную часть вольтамперной характеристики, подключая в схему надлежащее стабилизирующее сопротивление. Однако оказалось, что даже включенное последовательно большое сопротивление не в состоянии предотвратить проплавление материала. Пробой происходит в нескольких слабых местах диэлектрика, поскольку, согласно закону Кирхгофа, как раз через эти участки, которые случайно имеют лучшую проводимость и поэтому сильнее нагреваются, протекает основная часть тока. Для проплавления такого слабого места достаточно уже того количества электричества, которое имеет конденсатор, состоящий из электродов и помещенного между ними диэлектрика, так что балластное сопротивление практически не играет роли [2].

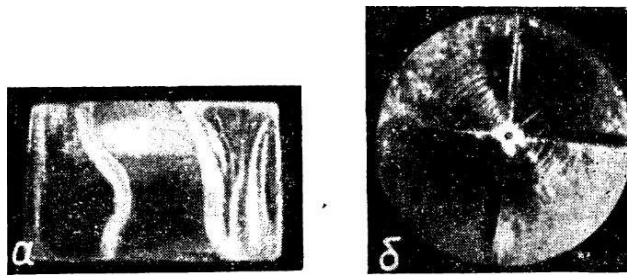


Рисунок 5 - Фотографии, иллюстрирующие: а — тепловой пробой (Инге и Вальтер); б — типичную картину электрического пробоя

По истечению долгого времени приложения напряжения на диэлектрик, пробивное значение напряжение значительно снижается, как следствие выделения тепла в его толще [4].

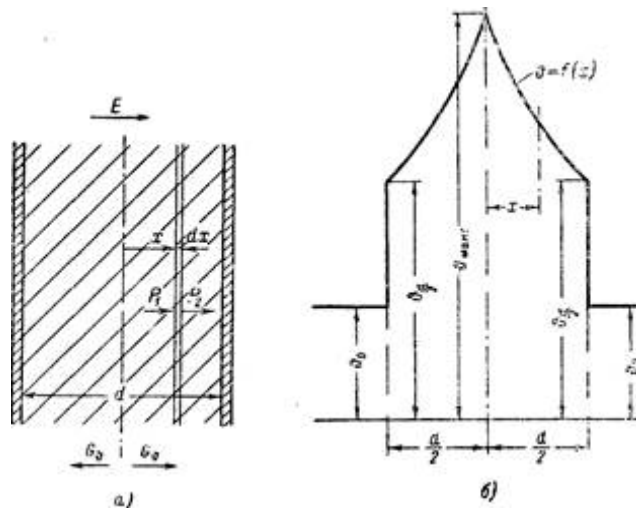


Рисунок 6 - Схемы теплового пробоя

а) расчетная схема теплового пробоя диэлектрика, б) распределение температуры в диэлектрике

При воздействии на диэлектрик переменного напряжения, через него начинают протекать токи: I_c - емкостной ток и I_a - активный ток, которые обуславливаются диэлектрическими потерями. Коэффициентом диэлектрических потерь называют отношение активного тока на емкостной ток $I_a/I_c = \text{tg}\delta$. Как известно для жидких и твердых диэлектриков коэффициент диэлектрических потерь равен (0,01- 0,03).

Изменение коэффициента диэлектрических потерь напрямую связан с ростом температуры.

$$(\operatorname{tg})T = (\operatorname{tg})Tea(T - T_0) \quad (1)$$

где T, T_0 температуры при которых определяется величина $\operatorname{tg}\delta$

Особенность теплового пробоя в том, что он медленно развивается, это обусловлено тем, что для нагрева диэлектрика требуется длительное время приложения напряжения. При этом, если значение напряжения будет больше значения $U_{\text{пр}}$, время пробоя значительно уменьшится либо составит порядка нескольких минут. Значение $U_{\text{пр}}$ зависит также от температуры окружающей среды, при увеличении температуры уменьшается значение $U_{\text{пр}}$. Характерным отличием теплового пробоя от электрического в том, что вероятен он в области наихудшего теплоотвода в изоляции, в то время как при электрическом, он происходит в области максимальных напряженностей поля. Когда значение прикладываемого напряжения близко к значения пробивного напряжения время при котором происходит пробой может исчисляться часами.

Тепловой пробой в чистом виде наблюдать очень сложно, так как пробой всегда имеет электрическую природу.

По сути, электропроводящий канал образуется в результате тепловой нестабильности температуры в образце.

При приложении к образцу постоянного напряжения тепловой пробой практически не возникает, хотя и может быть, так как при данном виде напряжения потери в образце обусловлены омической проводимостью, что крайне редко могут быть в здоровой изоляции [5]

1.4 Тепловой пробой в канале высокой проводимости

Считается что в здоровой изоляции диэлектрик в цилиндрическом и плоском конденсаторе однороден в плане диэлектрических потерь. Но в случае нарушенной изоляции, обусловленных наличием дефектов образуются каналы высокой проводимости, в котором выделяющееся тепло создает тепловой поток.

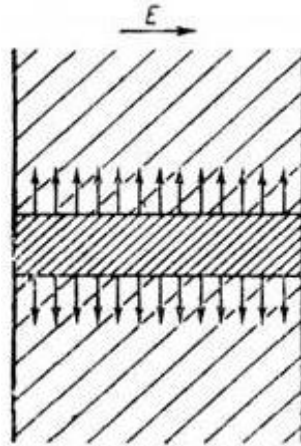


Рисунок 7 - Тепловой пробой диэлектрика с каналом высокой проводимости

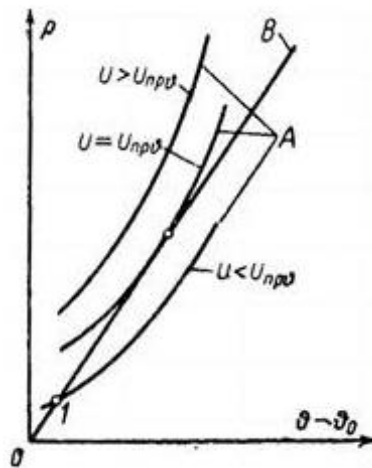


Рисунок 8 - Зависимость мощности выделяемая в канале от разности температур

С увеличением разности температур, увеличивается и проводимость канала. Вследствие чего можем говорить и о увеличении мощности выделяемой в канале. Все зависимости показаны на рисунке 8,

точка 1 указывает на устойчивое тепловое равновесие. Если прикладываемое напряжение U больше чем значение $U_{пр}$ температура в канале начинает неограниченно возрастать, наступает тепловая нестабильность вследствие чего происходит пробой. Время, при котором в этом случае может происходить пробой очень мало. При постоянном напряжении данный вид теплового пробоя тоже возможен. Мощность в канале будет определяться только ионной проводимостью [6].

1.5 Электрический триинг

В изоляционном материале из присутствующей в нём полости образуется древовидная структура – триинг. В ветвях триинга развиваются частичные разряды. Под действием электрического поля и разрядов, триинг увеличивается в размерах и количестве, тем самым повышая степень деградации материала. Дендриты имеют повышенную проводимость и приводят к прогрессирующему разрушению диэлектрика (рисунок 9) [7].

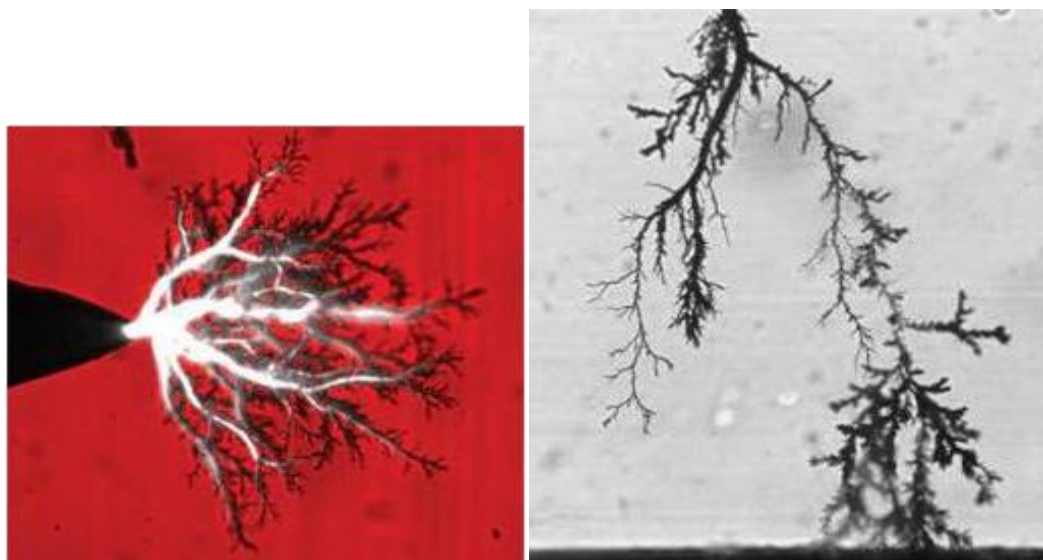


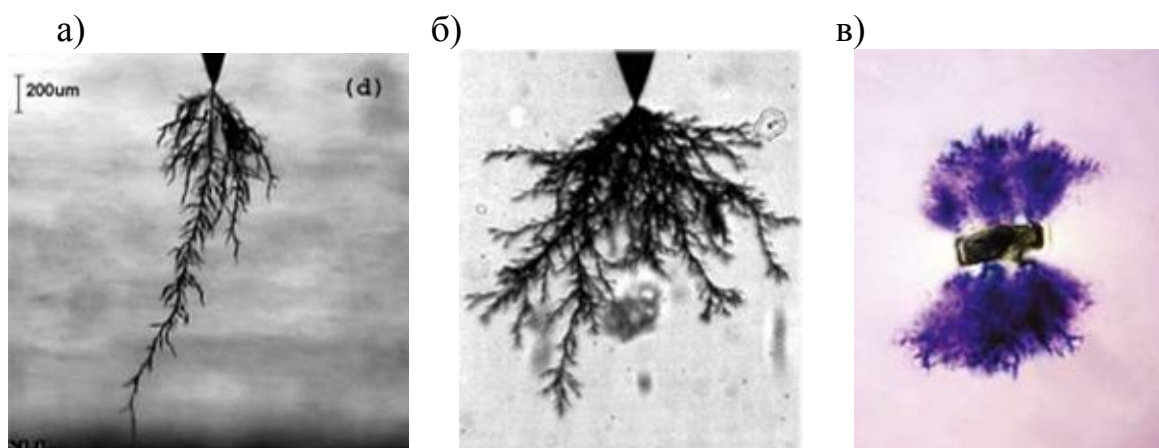
Рисунок 9. Электрический триинг в сшитом полиэтилене

Поскольку для возникновения частичного разряда в газовой среде требуется напряжение более низкое чем для такого же эффекта в жидкости

или твердом диэлектрике, наличие таких дефектов в изоляции может стать наиболее вероятной причиной разрушения материала. Это происходит в результате того, что в полости, заполненной газом напряженность электрического поля выше.

Триинг электрического происхождения образуются при воздействии переменного и импульсного напряжения, а также при очень высоких его значениях. В процессе работы оборудования эти величины не вызывают немедленного пробоя изоляции, но могут спровоцировать ионизацию газа в неоднородностях. Если в структуре материала нет достаточно больших по размеру полостей, дендриты могут развиваться сравнительно продолжительное время.

В органических материалах накопление деструкции от ЧР приводит к триингу, т.е. росту древовидной структуры [7,8]. Наличие древовидной разрядной структуры еще больше искажает электрическое поле. На сей день, существует множество разновидностей триинга (рисунок10) [9-12], из которых особо выделяют : древовидный, кустообразный и бант. Остальные виды являются производными базовых видов.



Продолжение картинки 10

г)



Рисунок 10 - Разновидности дендритов, а) древовидная; б) кустообразная, в) бант г) веер

От проводимости разрядной структуры зависит механизм искажения поля. Непроводящий дендрит представляет из себя макрополость заполненную газом и влияние на поле оказывает диэлектрическая проницаемость, а также протяженность и состояние поверхности структуры. Даже если и будет перекрытие межэлектродного пространства (рисунок 11а) пробоя может и не произойти, пока в материале не накопится определенное количество разрушений (рисунок 11б) [12]

а)

б)

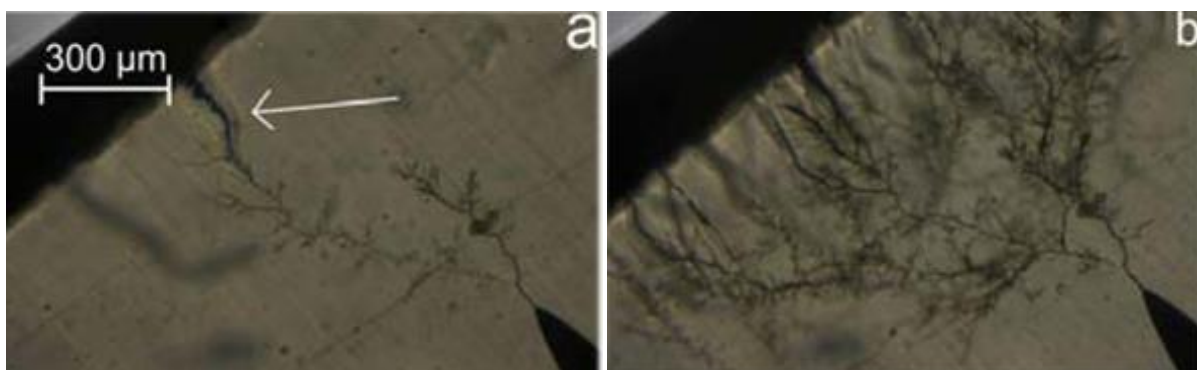
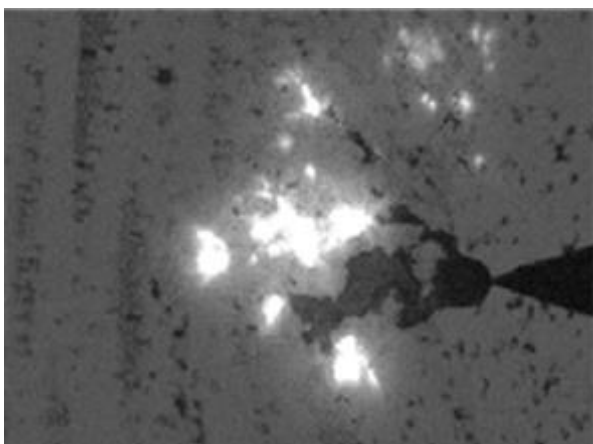


Рисунок 11 - Непроводящая разрядная структура, а) перекрытие дендритом межэлектродного расстояния, б) пробой

В проводящей структуре материала потенциал от электрода переносится в межэлектродный промежуток, при этом увеличивается средняя напряженность, а также концентрация энергии поля на остриях дендрита (рисунок 12а) [12]. Тем самым пробой происходит вследствие перехода материала в проводящее состояние. Проводимость дендрита обуславливается карбонизацией. Горючие сланцы имеют в своем составе углеродосодержащие соединения, при достаточной энергии разряда происходит их разрушение и образуется чистый углерод. Непроводящая разрядная структура со временем переходит в проводящее благодаря воздействию плазмы триинговых разрядов (рисунок 12б). В итоге, в карбонизированном дендрите, вследствие частичных разрядов происходит увеличение средней напряженности поля, приводящее к росту интенсивности разрядов и еще большего разрушения материала.

а)



б)

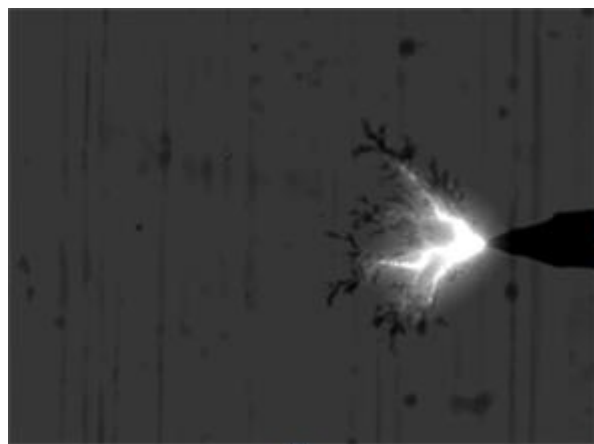


Рисунок 12 - ЧР в проводящей, а) и непроводящей б) разрядных структурах

1.5.1 Электрический триинг в кабеле сшитого полиэтилена

Электрический триинг в образцах на 9 кВ. На рисунке 13 показан разновидность электрического триинга, образовавшиеся при приложении напряжения 9 кВ. Электрические формы триинга могут характеризоваться

тремя различными видами: затухшего триинга (рисунок 13,а) [13] (который, по-видимому, перестает расти), древовидное (рисунок 13,б) и «monkey- puzzle» [9,12] или кустообразный триинг [14] (рисунок 13,в).

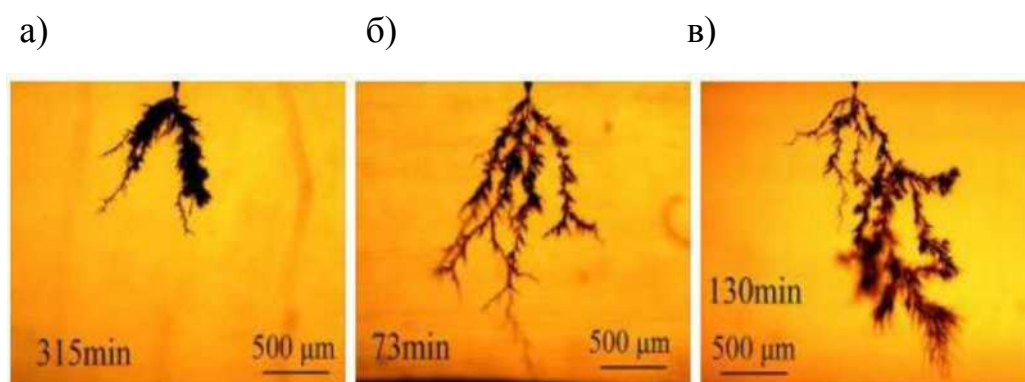
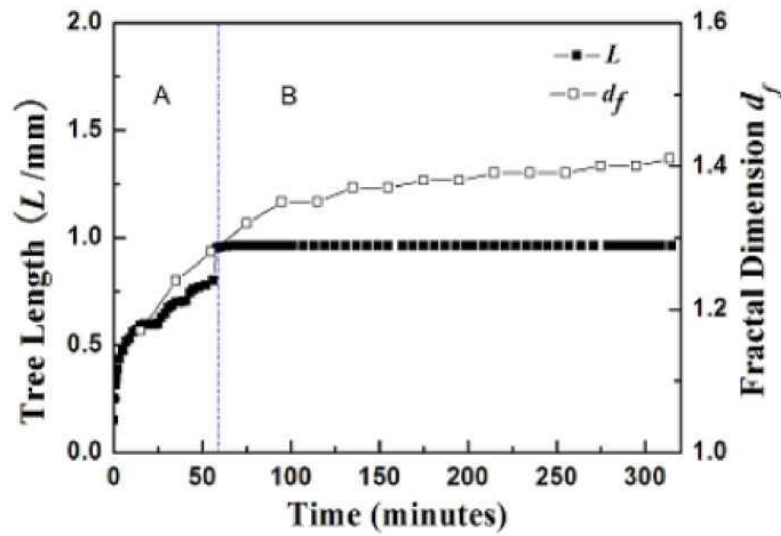


Рисунок 13 - Электрические формы триинг при 9 кВ. а) затухающий триинг б) древовидный триинг в) кустообразный триинг

Изменение со временем длины роста триинга, фрактальная размерность и ЧР- характеристики затухшего триинга показаны на рисунке 14. На рисунке 14 а, можно наблюдать две отчетливые области.

В области А начальный нитевой триинг быстро перерастает в структуру ветви со средним значением скорости роста триинга 13,5 мкм/мин, а фрактальная размерность триинга увеличивается с течением времени. За этим следует застой в области В, где рост ведущего канала триинга останавливается. В этой области микроканалы медленно расширяются до сторон основных каналов вблизи высоковольтного стержневого электрода и фрактальная размерность триинга немного возрастает. Графики величин ЧР на рисунке 14 б, показывают одинаковый характер поведения. Существуют интенсивные разряды с величинами, достигающими до 150 пК. В области В рост триинга, инициируемый ЧР начинают уменьшаться, затем активность разряда начинает колеблется, а потом и вовсе падает до весьма низкого значения.

а)



б)

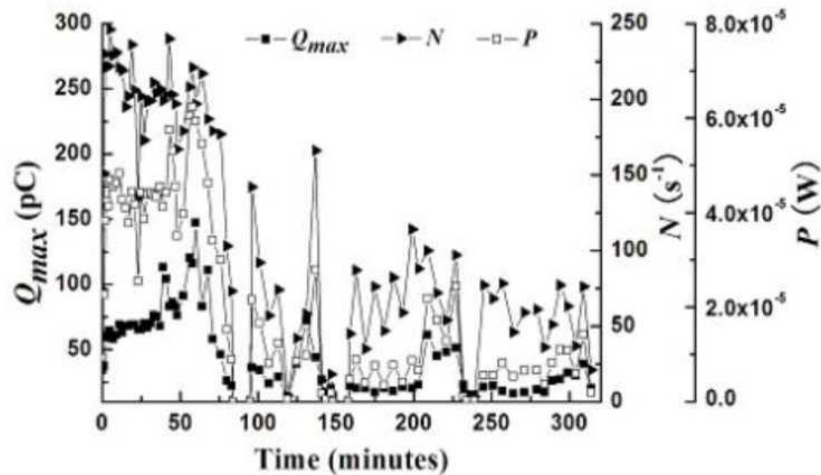


Рисунок 14 - Типичный рост а) ; б) ЧР характеристик затухшего триинга

На рисунке 15 показано развитие роста триинга, фрактальная размерность и ЧР- характеристик древовидного триинга изменяющегося со временем. Существуют три области роста триинга. В области А, после быстрого роста до 800 мкм в первые 5 минут, скорость распространения триинга замедляется из-за наличия микроканалов, растущие вокруг основных каналов, тогда как фрактальная размерность триинга явно увеличивается в этот период. В области В замедляется рост основного канала, тогда как микроканалы, растущие вокруг основного канала

становятся более интенсивными. Фрактальный размер триинга немного увеличен. Наконец, в области С, основной канал достигает второго электрода за короткое время приблизительно порядка 3,5 минут. ЧР величины показывают постоянное увеличение на всех трех этапах роста триинга.

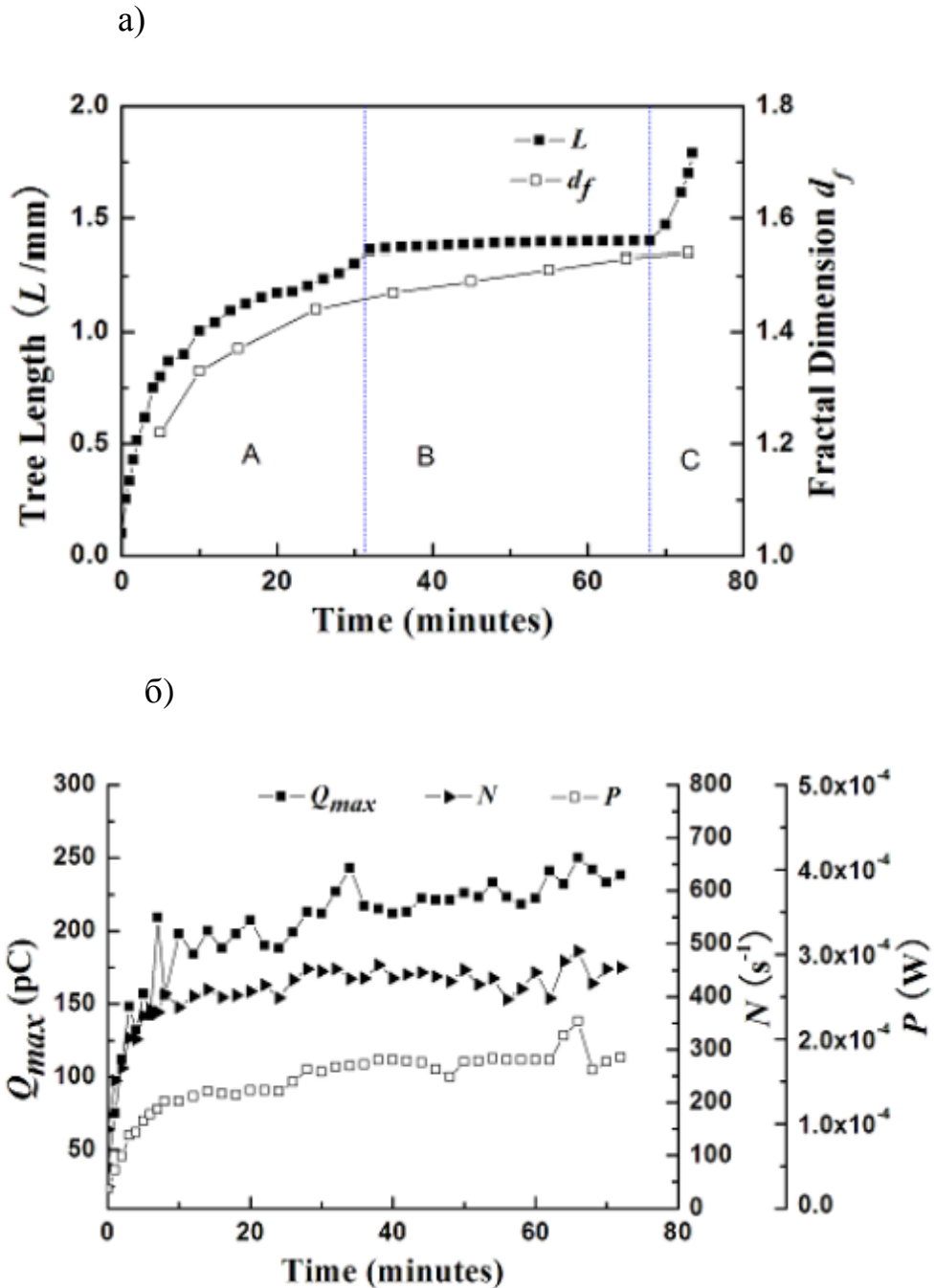
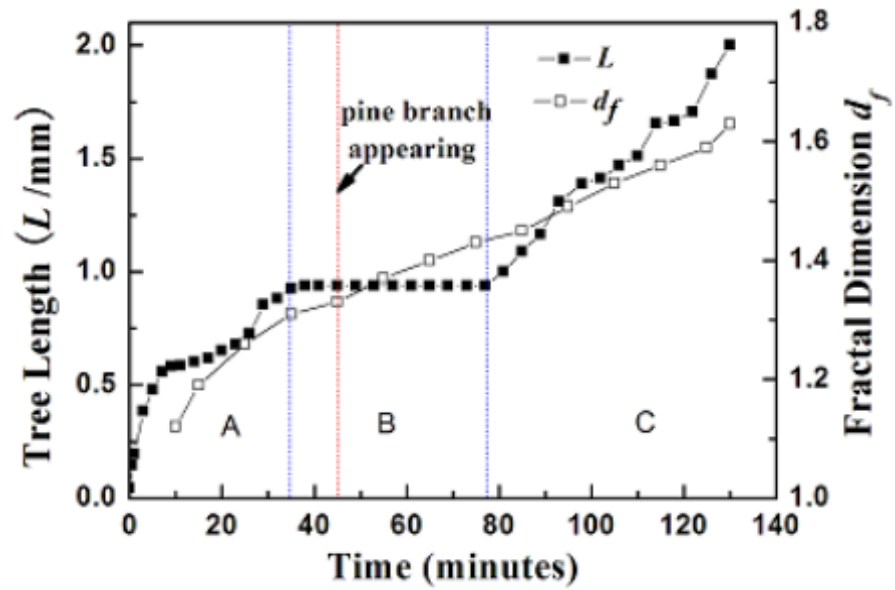


Рисунок 15 - Типичный рост а) и ЧР б) характеристики триинга ветвей

Рост триинга и ЧР характеристик для кустообразного триинга показаны на рисунке 16. Аналогичную форму триинга демонстрируют Чжэн и Чен и др. [14,9,15] на низких частотах, то есть $f < 100$ Гц. Области А, В и С четко определяются кривой роста (см. рисунок 13а). В области А зародившаяся ветвь быстро переходит в ветвистую структуру за первые 7 минут. Средний темп роста в это время составляет 80 мкм / мин. После чего темпы роста триинга замедляются, а вместе с ними и темпы роста микроканалов, появляющиеся вокруг основного канала. Активность ЧР более интенсивна в области А с величиной разряда до 143 пК. Переход А-В обычно происходит при (900 ± 100) мкм. В области В основные каналы перестают расти, но формируются новые микроканалы и распространяются вокруг основных каналов. Через семь минут активность роста триинга прекращается, образуется небольшой кустообразный триинг сформированный на кончике основного канала. Между тем, значение ЧР уменьшаются ниже порога 10 пК, тогда как фрактальная размерность триинга заметно возрастает со временем в этой области. Переход В-С происходит, когда кустообразная ветвь превышает первоначальные основные ветви. В области С куст быстро растет в сторону противоположенного электрода. средний темп роста в области С составляет 20 мкм / мин. Величина ЧР составляет больше 10 пК за 111 минут и постепенно увеличивается по мере приближения триинга к противоположенному электроду. фрактальная размерность также продолжает расти вместе с дендритом.

а)



б)

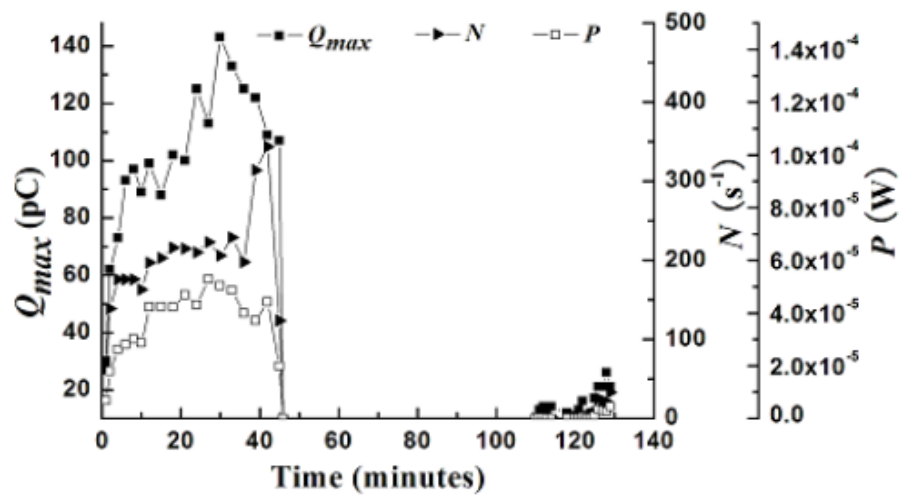


Рисунок 16 - Типичный рост а) и ЧР б) характеристик кустообразной ветви

Вывод по разделу: ЧР и тринг наиболее изучены в изоляционных материалах в качестве причины их деградации. В связи с существенной разницей в строении, составе и электрофизических характеристик изоляции и ГС ЧР и тринг отличаются механизмами инициации и развития.

1.6 Измерение характеристик частичных разрядов

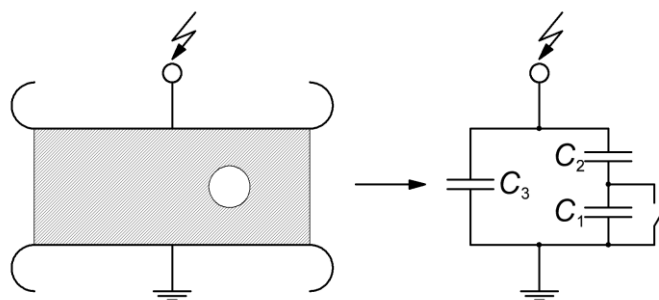
Существует два метода измерения ЧР это:

1) неэлектрические (оптический, акустический, химический, термический);

2) электрические (косвенные, с помощью антенн, регистрация ВЧ колебаний тока/напряжения);

Первый метод неприменим, так как имеет ряд сложностей и неточностей. Наиболее приемлемым методом считается электрический, а именно регистрация ВЧ колебаний тока/напряжения.

В научно - исследовательской работе под ЧР понимается ионизация воздушных включений. Схема замещения диэлектрика представлена на рисунке 17 [16,17]



C_1 - емкость воздушного включения, C_2 -емкость диэлектрика включенного последовательно с включением, C_3 -емкость самого диэлектрика

Рисунок 17 - Схема замещения диэлектрика с газовым включением

Частичные разряды обладают такими параметрами как:

- кажущийся заряд единичного ЧР $q_{ч.р}$
- частота следования $n_{ч.р}$
- средний ток $I_{ч.р}$
- средняя мощность $P_{ч.р}$
- энергия единичного ЧР $W_{ч.р}$
- квадратичный параметр ЧР $D_{ч.р}$

Заряд протекающий при пробое единичного включения называется кажущимся зарядом ЧР. Кажущимся его назвали потому, что его технически невозможно измерить. Так как ЧР имеют стохастический характер частоту следования импульсов ЧР не измеряют в герцах, они всего лишь показывают количество разрядов произошедших за секунду. Суммарный заряд импульсов, отнесенных ко времени за которое протекает заряд называют средним током. Средняя мощность это произведение среднего напряжения на средний ток ЧР. В то время как энергия единичного разряда это произведение мощности(мгновенной) на время разрядного импульса. Квадратичный параметр представлен в виде суммы квадратов зарядов , которые проходят через выводы испытываемого объекта в результате частичных разрядов продолжительностью в секунду.

Измерять кажущийся разряды и частоту следования импульса является наиболее важными данными, которые позволят вычислить остальные параметры, опираясь на измерения напряжения и временных характеристик импульсов. Так как, единичные импульсы ЧР обладают малой энергией, они практически не оказывают воздействия на материал. Поэтому для оценки действий ЧР получают интегральные статические данные. Наиболее часто используемые критерии для оценки ЧР это Q_{02} и PDI. Q_{02} и PDI являются более информативными и простыми. Q_{02} (Q -максимальная амплитуда кажущегося разряда, 02 импульса за период тока промышленной частоты). PDI (Partial Discharge Intensity) - это интенсивность ЧР , которая рассчитывается как произведение кажущегося разряда на действующее напряжение. Данный подход имеет высокую погрешность (20 %), но на практике такой процент допустим, при упрощении измерения и воздействия и действия ЧР на материал.

Наиболее часто в промышленности для анализа характеристик ЧР используется графическая интерпретация. Наиболее распространенное распределение это PRP (Phase Resolved Partial Discharge)- ϕ -q-n диаграмма

[17; 16-20], которая строится либо двухмерное ϕ - q с отображением n с помощью насыщенности или цвета, либо в трехмерное распределение. Для снижения вероятности погрешностей и ошибок применяются дополнительные распределения, одним из которых является PRPS (PhaseResolvedPulseSequence) распределение, которое использует фазовую привязку, амплитуду текущего и предыдущего импульса.

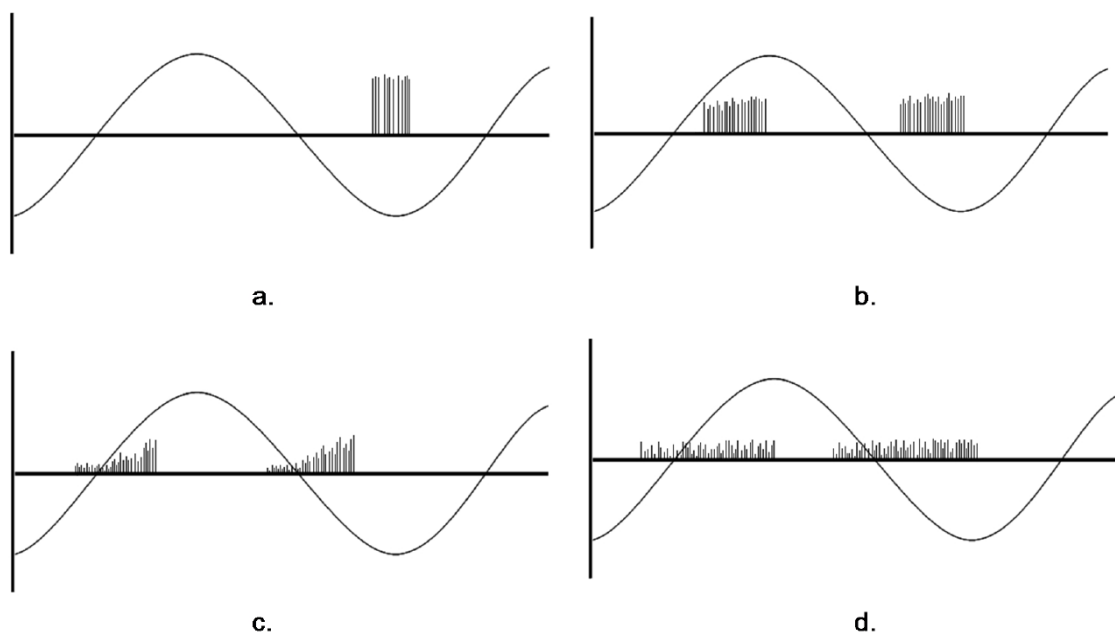
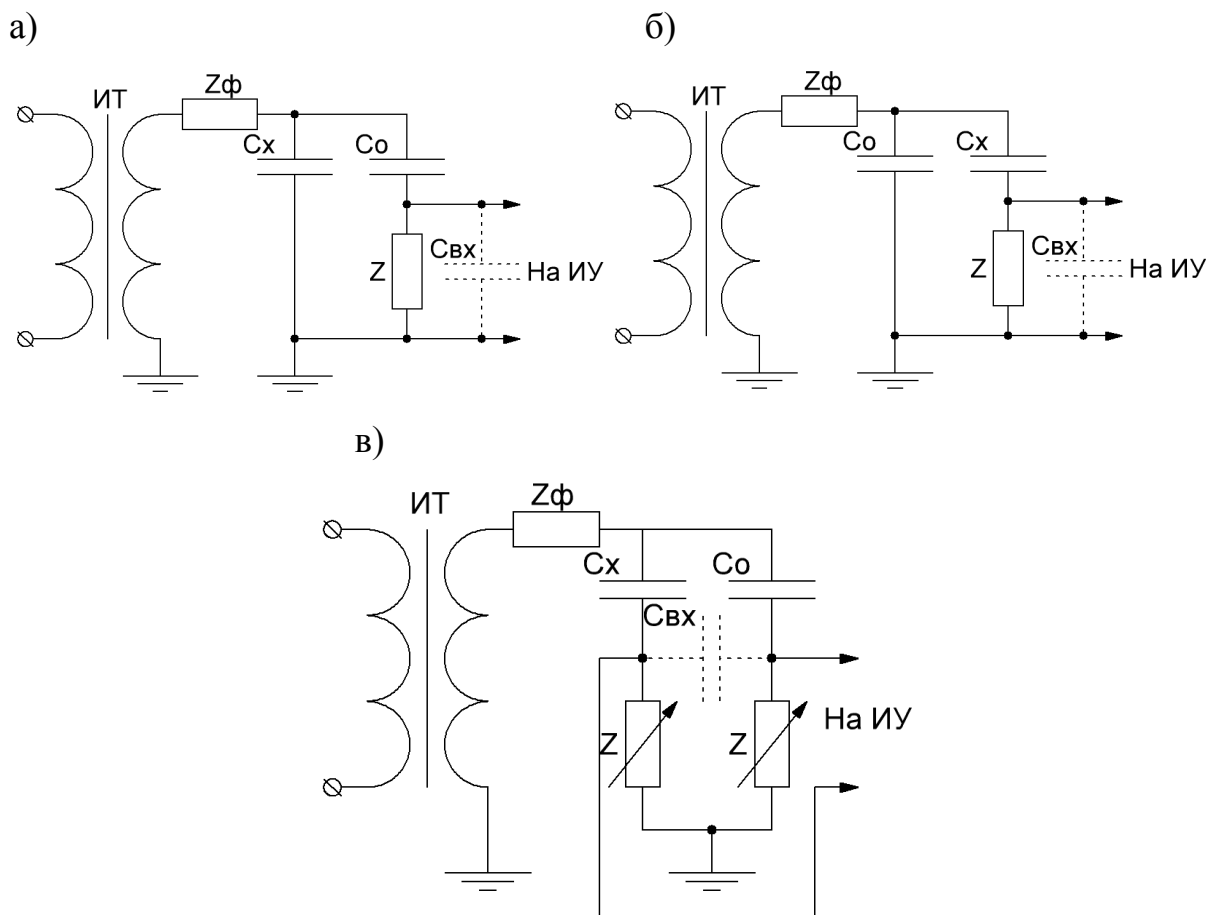


Рисунок 18 - ϕ - q - n диаграммы для разных ЧР. а) коронный разряд, б) внутренние разряды, с) поверхностный разряд, d) электрический триинг.

Для получения действительных измерений характеристик ЧР нужно исключить всевозможные факторы искажающие сигнал.

Для измерения параметров ЧР используют такие базовые схемы как приведены на рисунке 19[16,17,21-24].



Z_{ϕ} – фильтровой импеданс, ИТ – испытательный трансформатор ,
 C_x – испытуемый объект , C_o – соединительный конденсатор,
 Z – измерительный элемент, $C_{вх}$ – входная емкость измерительного
 устройства, ИУ – измерительное устройство

Рисунок 19 - Схемы измерения параметров ЧР. а) схема измерения
 напряжения на образце, б) схема измерения тока через образец, в)
 мостовая схема

Z_{ϕ} - фильтровой импеданс исключает влияния паразитных параметров и помех. C_o - соединительный конденсатор, который шунтирует питающую цепь для импульсных сигналов частичных разрядов. Измерительный элемент представляет собой резистор или индуктивность. Измерительное устройство строится из нескольких счетчиков.

Наилучшей помехозащищенностью обладает мостовая схема, однако требуется очень точная настройка. Применение такой схемы для твердых топлив практически неприменима. В связи с высокой чувствительности токовой схемы предпочтительнее использовать ее в качестве измерительной схемы [19]. В качестве измерительного устройства используется осциллограф.

Одной из самых трудоемких работ является сбор и анализ данных. Для придания какой-либо естественнонаучной теории результатов измерений характеристик ЧР, для достоверной оценки следует проводить в материалах, изготавливаемых серийно и по нормативным документам. Отсутствие полных данных по ЧР в твердых топливах, учитывая сложное строение и многие другие параметры моделирование ЧР практически невозможно. Поэтому, чтобы максимизировать полосу пропускания и достоверность получаемых данных используем токовую схему с осциллографом.

2 Методика и оборудование

2.1 Методика эксперимента

Перед началом работ проводился осмотр оборудования и подготовка измерительной системы.

Из кусков породы при помощи камнерезного станка выпиливались образцы размерами 200x40x40 и 100x50x50. Под электродную системы высверливалось углубление глубиной 25 мм диаметром 8 мм. Электроды выполнены из стали, длина которых составляла 100 мм диаметром 8 мм и помещались на полную длину углубления.

Напряжение прикладываемое к образцам, в зависимости от наблюдаемого процесса повышалось от 0 В до значения, при котором происходит тепловой пробой, которое фиксировалось по появления

характерных пиков на экране осциллографа. Измерения напряжения проводились при помощи КВЦ-120. В зависимости от наблюдаемого процесса напряжение поднималось на 0,1 кВ каждые 10 минут с фиксацией осциллограмм ЧР при каждом уровне напряжения до пробоя. Весь процесс записывался на внешний накопитель, а именно осциллограммы импульсов и полного периода воздействующего тока и напряжения протекающих через образец. Далее следовала обработка и анализ данных.

2.2 Используемое оборудование

При выполнении экспериментальных работ использовалось следующее оборудование: регулирующий трансформатор РОТМ, при напряжении до 10 кВ использовался повышающий двухканальный трансформатор. Фильтровой импеданс состоит из проволочного резистора типа ПЭВР-100-1 кОм±5 %, с ферритовым сердечником, соединительный емкость представляет собой сборку конденсаторов типа КВИ-3-3300 пФ-10 кВ, общая емкость которых составляет 575 пФ. Измерительный элемент представляет собой резистор. Измерительным устройством выступал осциллограф Agilent 2014A dsox.

Технические данные регулирующий трансформатор РОТМ [25] представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Технические данные регулятора напряжения

Тип	РОТМ 100/05 УЗ(регулятор напряжения однофазный трансформаторный масляный)
Схема и группа соединения обмоток	1 – Авто
Номинальная мощность	от 100 до 0 кВА
Первичная сторона	
напряжение	380 В

<i>Продолжение таблицы 1</i>	
ток	от 300 до 105 А
Вторичная сторона	
напряжение	от 380 до 0 В
ток	264 А

Таблица 2 - Технические данные испытательного трансформатора 2

Тип	двухобмоточный повышающий трансформатор
Схема и группа соединения обмоток	1/1 – 1 – 0
Номинальная мощность	3 кВА
Первичная сторона	
напряжение	220 В
ток	150 А
Вторичная сторона первая обмотка	
напряжение	5000 В
ток	6 А
Вторичная сторона вторая обмотка	
напряжение	10 000 В
ток	3 А

Как известно, использование источников высокого напряжения обусловлено высокими паразитными параметрами крупногабаритных установок, в особенности при низких рабочих напряжениях. На измеряемый сигнал оказывают негативное влияние собственные индуктивности и емкость самого трансформатора, которые искажают сигнал и создают колебательные контуры. Межвитковая емкость служит источником помех, которые передаются из питающей цепи и обладают достаточно высокой амплитудой.

С целью снижения влияния паразитных параметров и помех используется среднегабаритный трансформатор с низким, относительно крупногабаритного, напряжения вторичной обмотке.

Фильтровой импеданс выполнен в виде катушки с индуктивностью 478 мкГн при 1МГц, при рабочей частоте 50 Гц реактивная составляющая Z_f и низкая активная составляющая позволяет исследовать породы с низким сопротивлением (десятки кОм), не оказывая существенного влияния на результат эксперимента.

Соединительный конденсатор состоит из КВИ-3-3300 пФ -10 кВ[27]. Данный тип конденсаторов предназначены для работы с импульсными сигналами и обладают низкой собственной емкостью при относительно высоких емкостях.

В качестве измерительного элемента использовался резистор с номиналом 150 Ом, который обусловлен согласованием с волновым сопротивлением кабеля.

Соединительный кабель марки РК 150–7–31 использовался в качестве согласования измерительной системы, повысив тем самым чувствительность в связи более высокого сопротивления, а также получения одного номинала сопротивления во всем диапазоне частот. Чтобы защитить цепь и устройство от помех использовался двухзвенный RC-фильтр высоких частот.

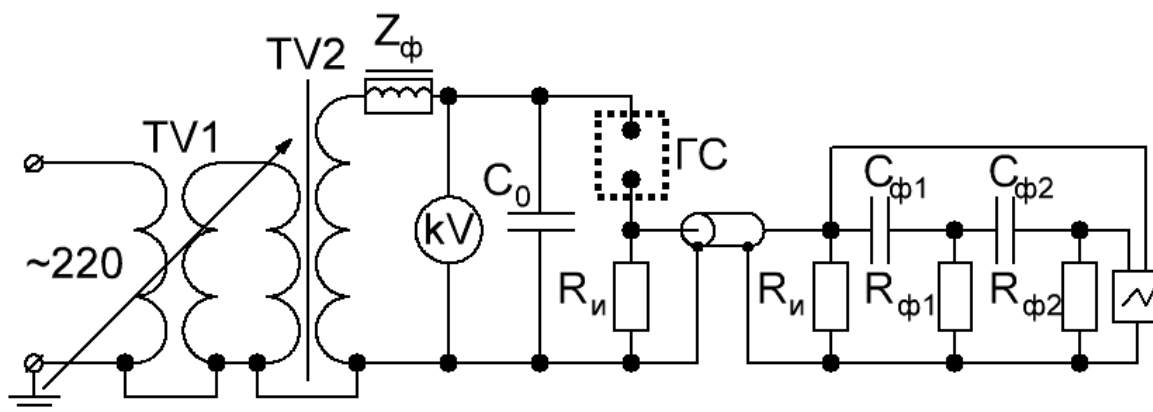
2.3 Экспериментальная часть

Анализ экспериментальных данных по тепловому пробою и пробою вследствие триинга в горючих сланцах. В ходе которых были исследованы:

1) Осциллограммы полного и ВЧ токов через образец сфазированных с напряжением.

2)Термограммы полученные при воздействии напряжения на горючие сланцы.

Экспериментальная установка представлена на картинке 20.



Z_{ϕ} - фильтрующее сопротивление; $R_{и}$ - измерительное сопротивление
 C_{ϕ}, R_{ϕ} - фильтрующие элементы; ΓC –горючий сланец; TV1-
испытательный трансформатор; TV2- РОТМ.

Рисунок 20 - Схема установки

Подготовительный этап.

На первом этапе эксперимента проводится подготовка образца.



Рисунок 21 - Подготовка образца для проведения опыта

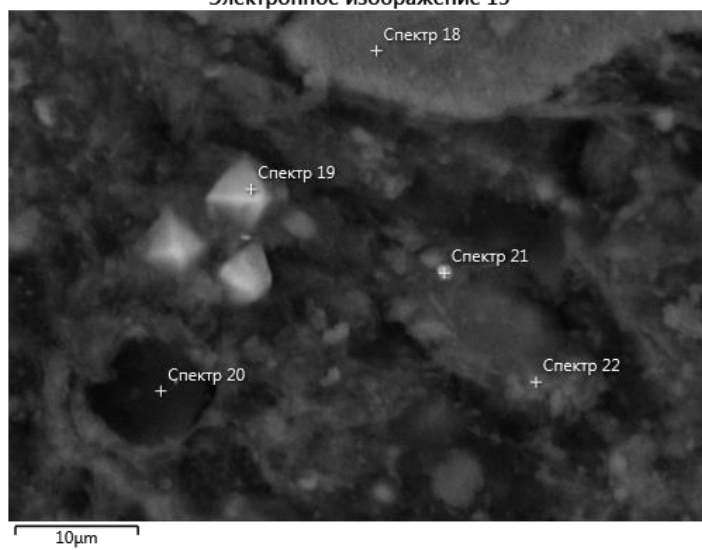
3 Динамика характеристик ГС и электрофизических явлений происходящих в них под действием высокого напряжения

3.1 Структурный и фазовый состав горючих сланцев

Горючий сланец это осадочная органоминеральная горная порода, главным образом характеризующаяся содержанием органических составляющих, удельной теплопроводностью и зольностью. Он весьма неоднороден и имеет пористость, размеры которых доходят до десятков микрометров. Состав горючего сланца варьируется в широком диапазоне в зависимости от месторождения, основными элементами которых являются оксиды кремния, магния, алюминия, а также пириты [12-16] и карбонаты рисунок 22.

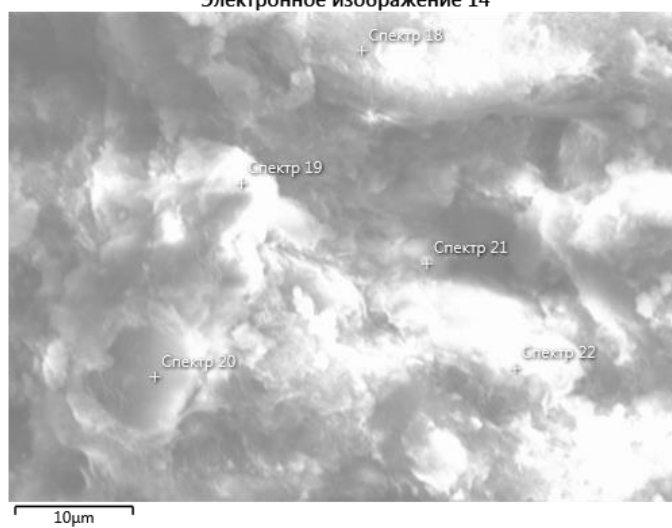
a)

Электронное изображение 13

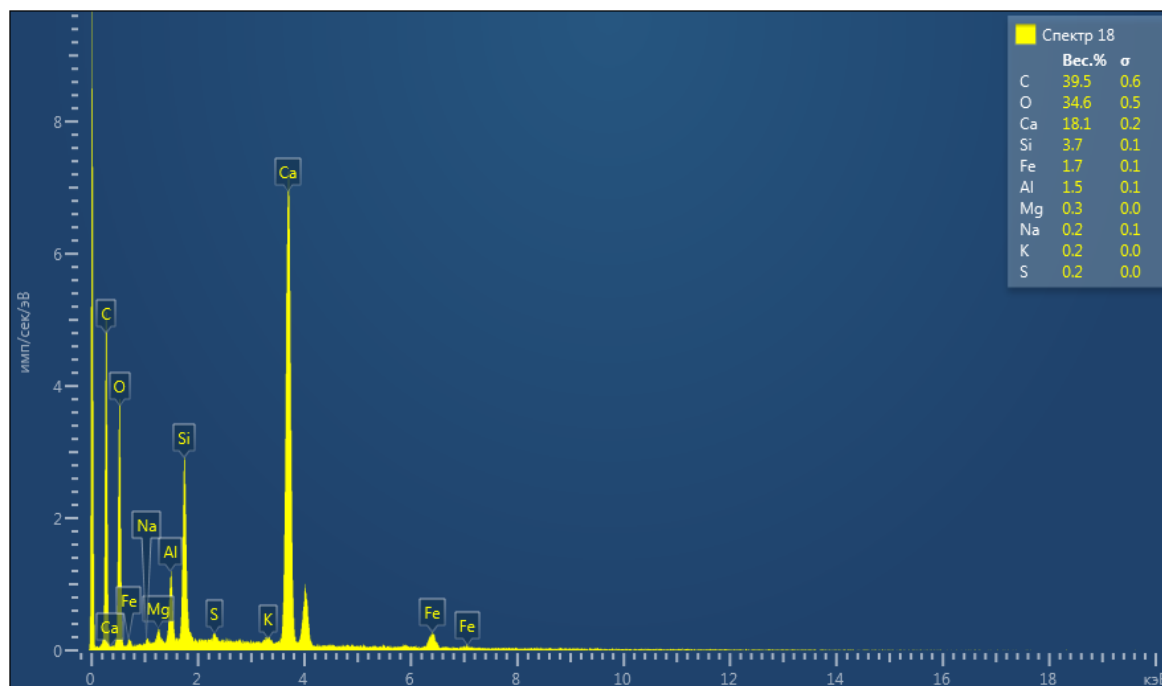


б)

Электронное изображение 14



в)



а) б) в) – распределение минеральных микрокомпонентов в горючих сланцах.

Рисунок 22 - Микроструктура горючих сланцев

Все элементы отличаются диэлектрической проницаемостью, формой и размерами пор, а также проводимостью [17-20]. Вследствие чего при приложении напряжения, электрическое поле сильно искажается и появляются участки с высокими локальными напряженностями и инициации ЧР.

Помимо различных σ и ϵ не менее важным фактором является история зарождения сланца. В процессе метаморфизма в некоторых породах образовывались вещества подвергшиеся кристаллизации, в результате которых образовывалось множество острых граней, на которых происходит локальное повышение напряженности поля.

$$E_M = \frac{2sE_{cp}}{r \cdot \ln\left(1 + \frac{4s}{r}\right)}$$

где E_M – максимальная напряженность поля на острие

$E_{ср}$ – средняя напряженность поля, s – межэлектродное расстояние

r – радиус скругления острия

В большинстве органических материалах накопления деструкций от ЧР приводит к триингу.

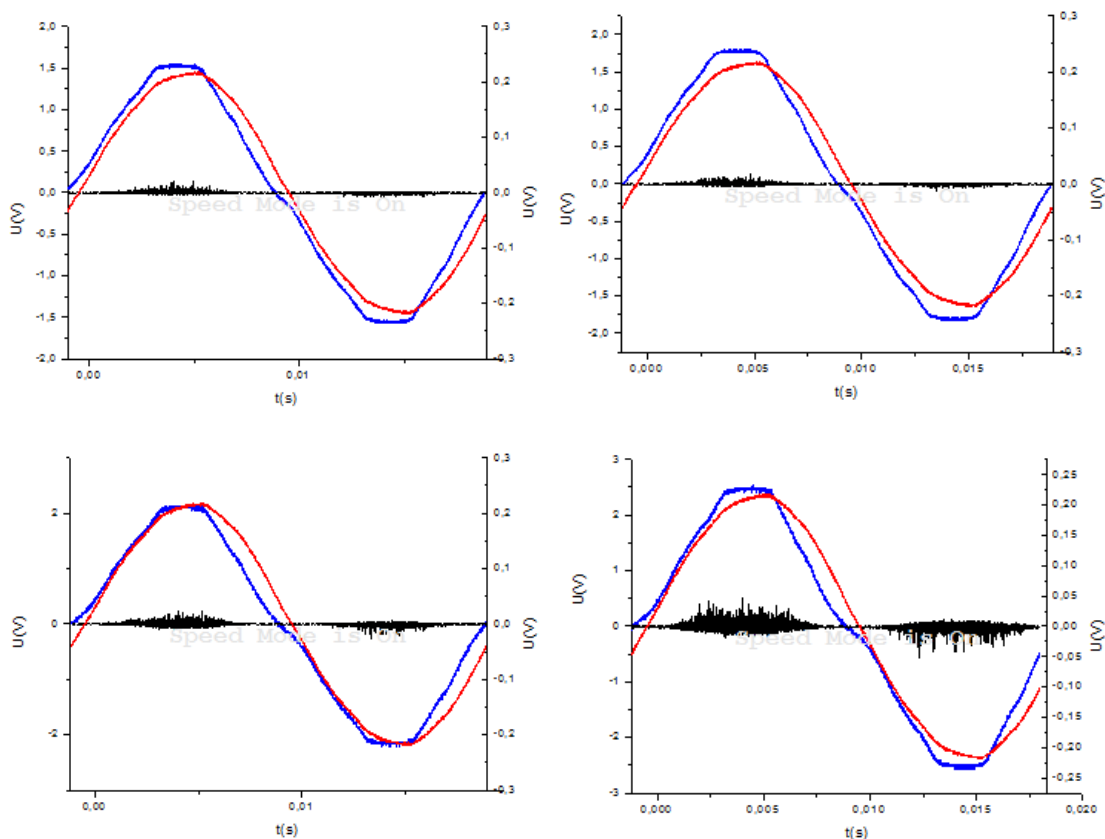
3.2 Получения осциллограмм полного и ВЧ токов через образец сфазированных с напряжением

Регистрация сигналов осуществляется при помощи осциллографа. Были произведены качественные измерения динамики ЧР по полученным осциллограммам.

Образец 1.

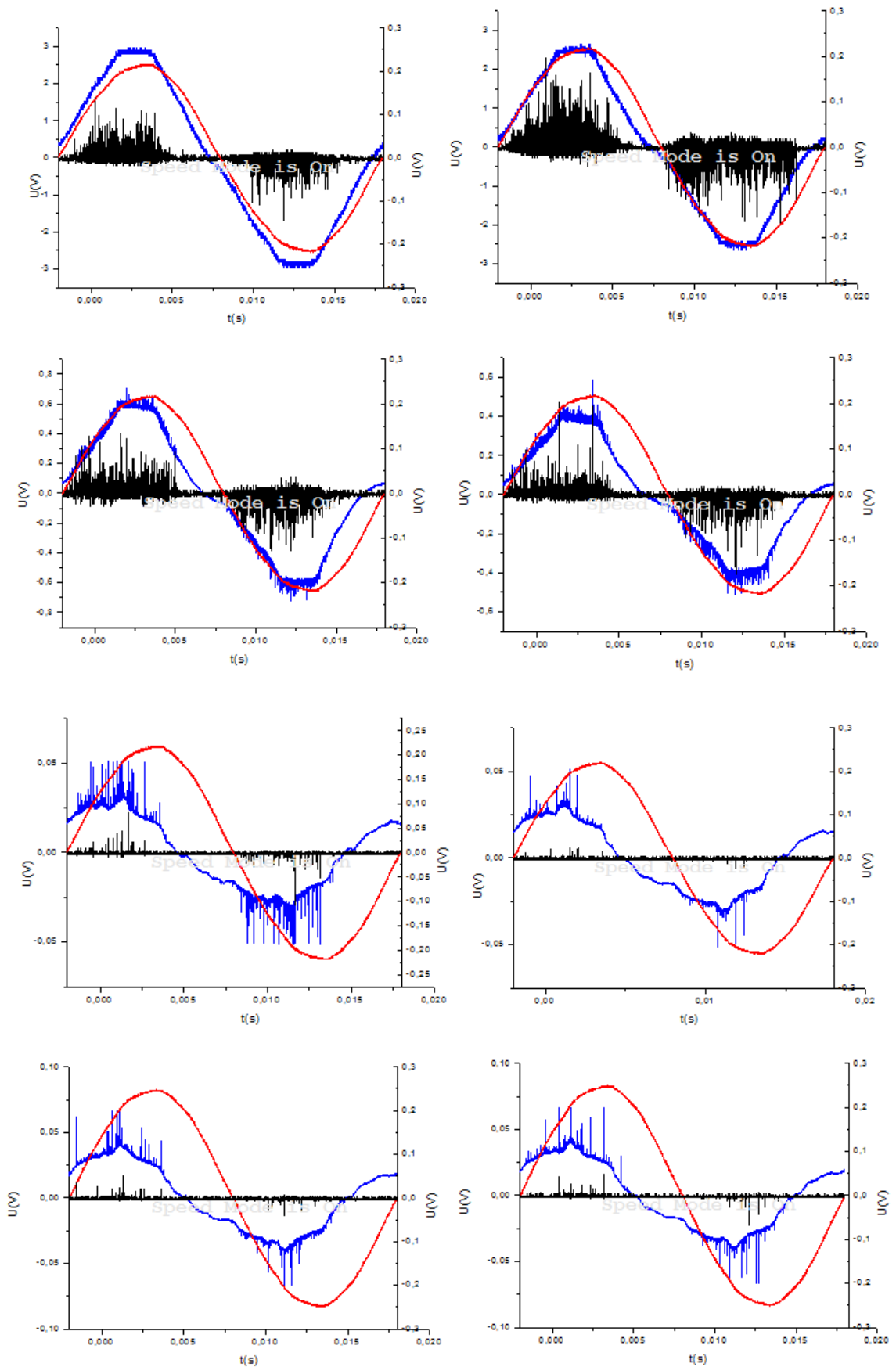
Длина образца 200 мм.

а)

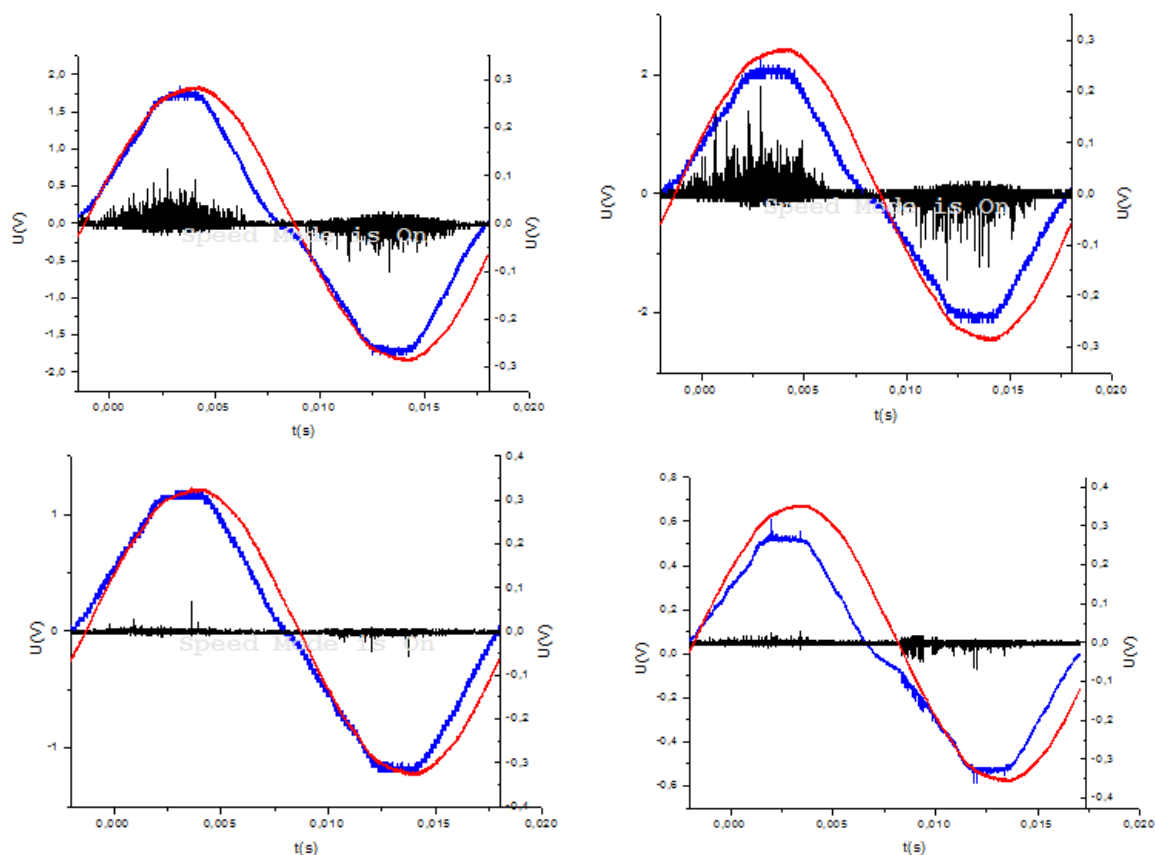


Продолжение картинки 23

б)



в)



а) начало эксперимента б) предпробойное состояние в) пробой

Рисунок 23 - Осциллограммы токов первого образца

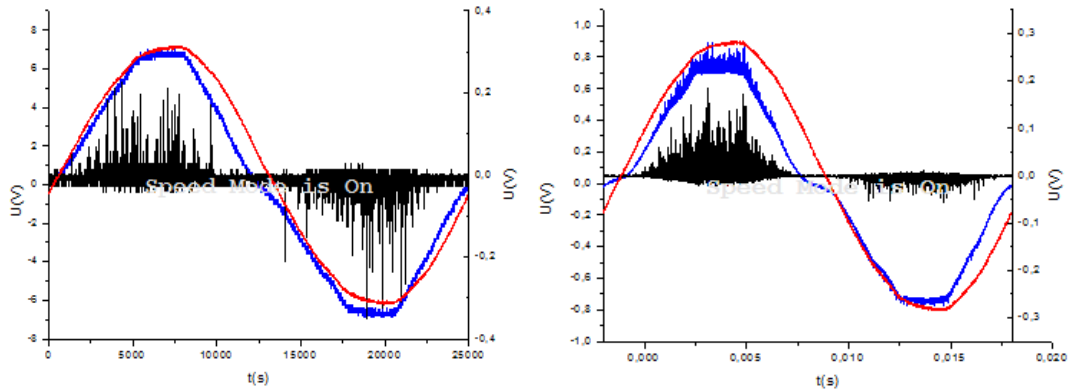
По осциллограммам видно, что в начальный момент времени интенсивность ЧР слабая и проводимость небольшая. В определенный момент интенсивность ЧР возрастает проводимость растет вследствие десорбции воды. Затем происходит спад интенсивности ЧР, связанный с существенным ростом проводимости. В начальный промежуток времени интенсивность ЧР возрастает в связи с процессами деградации материала и небольшой его проводимости, далее вследствие десорбции воды растет проводимость и как следствие интенсивность ЧР. При достижении проводимости некоторого значения интенсивность ЧР падает из-за высокой активной составляющей тока не позволяющей зарядиться

емкостям включений. После удаления излишней влаги из образца его проводимость падает в связи с чем интенсивность ЧР увеличивается.

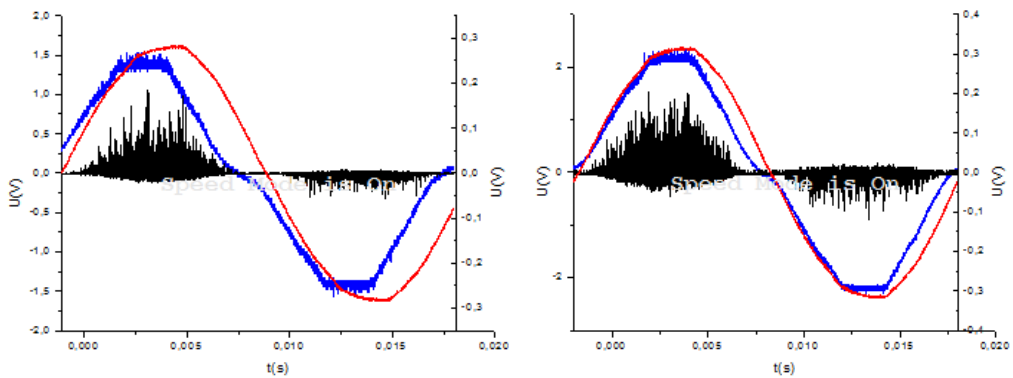
Образец 2.

Длина образца 200 мм

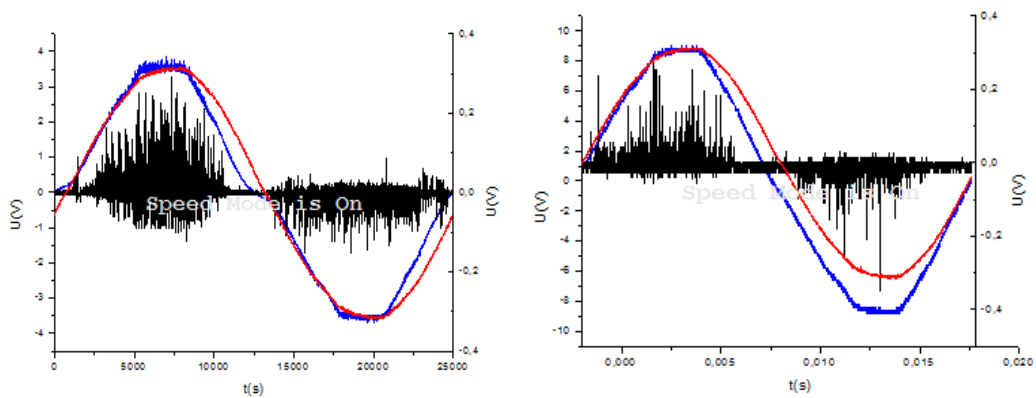
а)



б)



в)



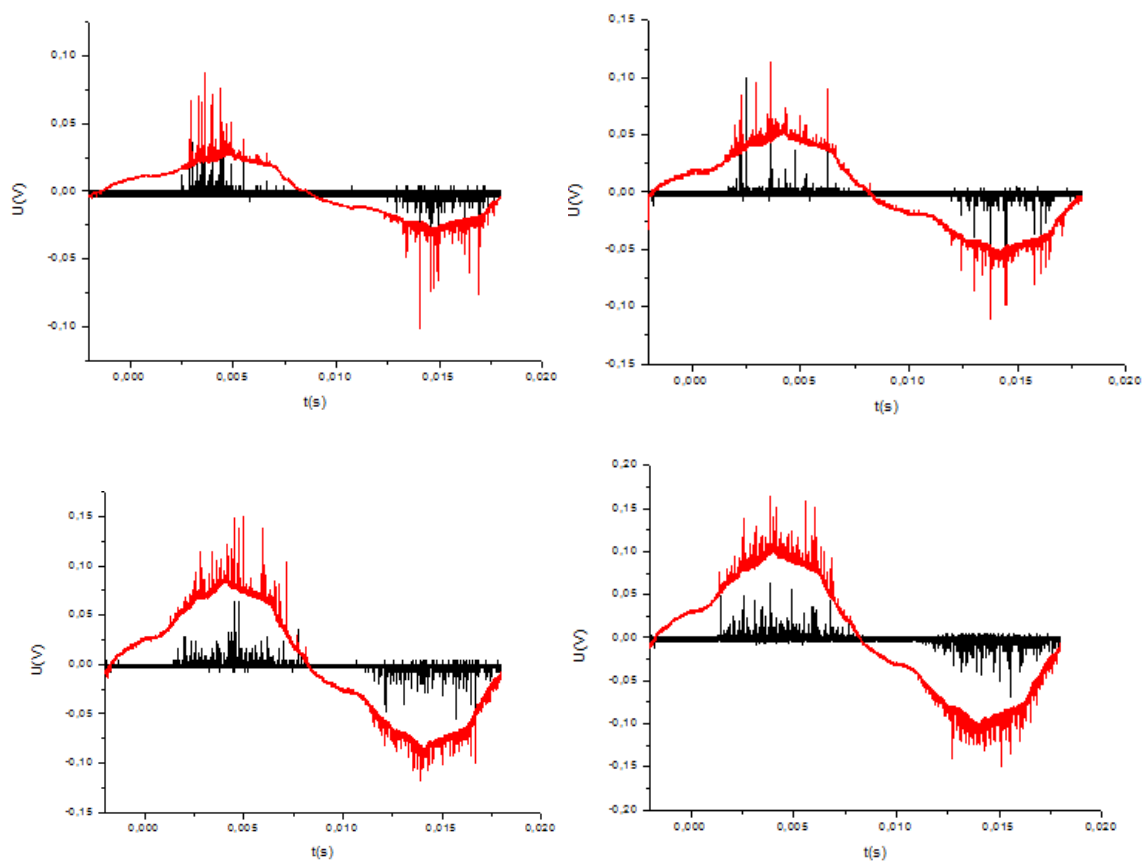
а) начало эксперимента б) предпробойное состояние в) пробой

Рисунок 24 - Осциллограммы токов второго образца

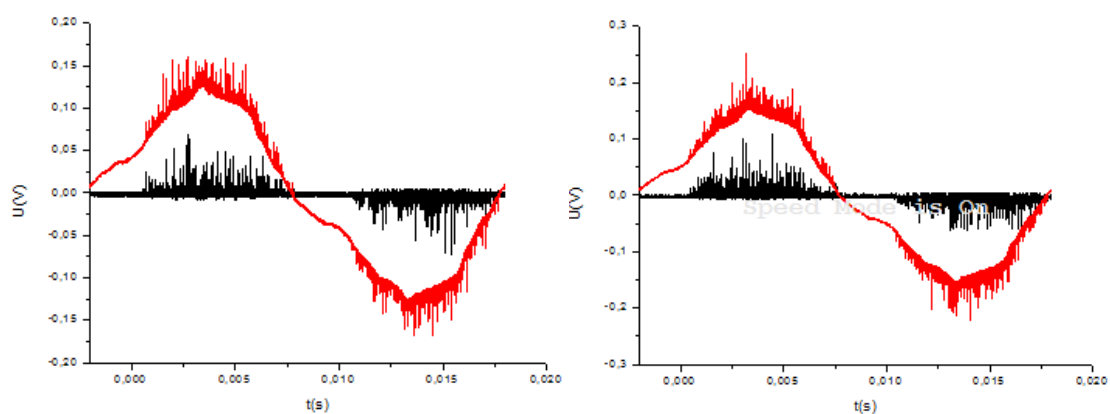
Образец 3.

Длина образца 200 мм.

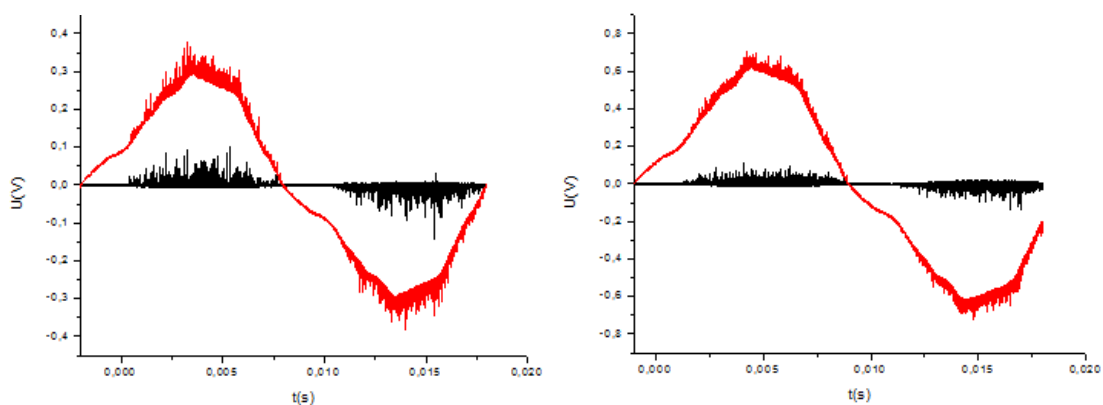
а)



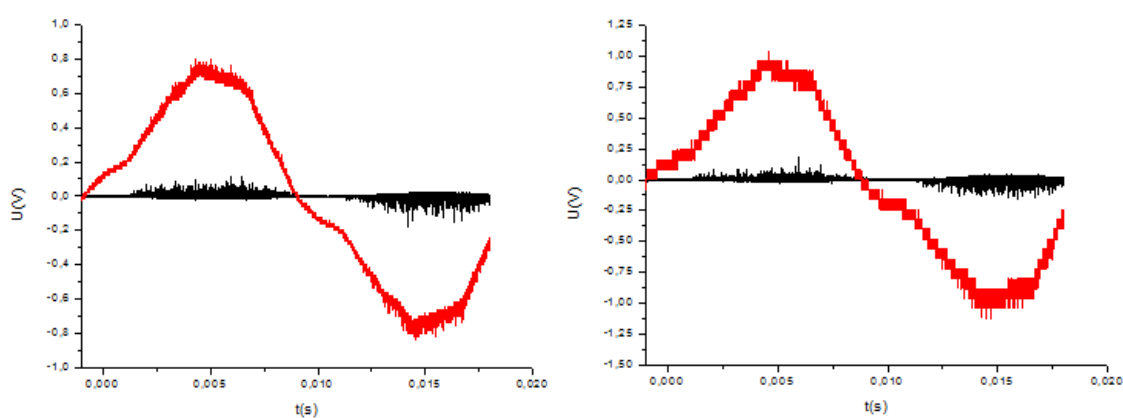
В)



Продолжение картинки 25



В)



а) начало эксперимента б) предпробойное состояние в) пробой

Рисунок 25 - Осциллограммы токов образца 3

По осциллограммам образца №3 видна закономерность увеличения интенсивности ЧР и роста проводимости.

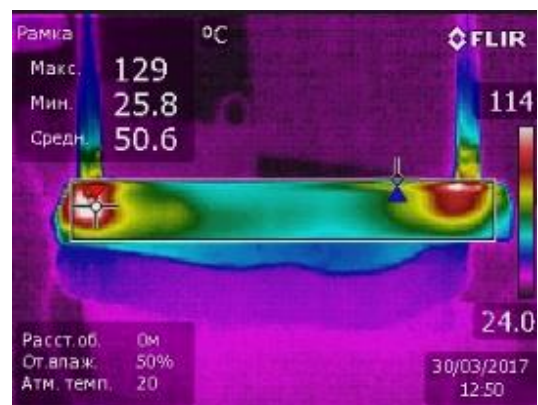
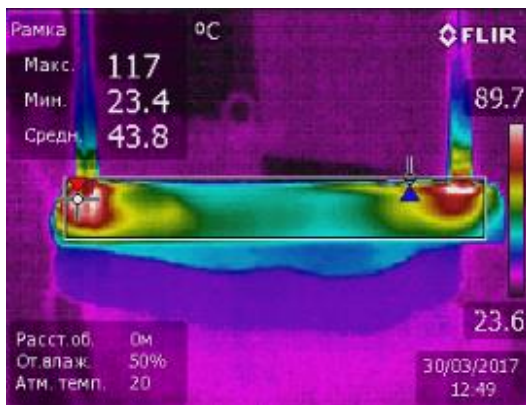
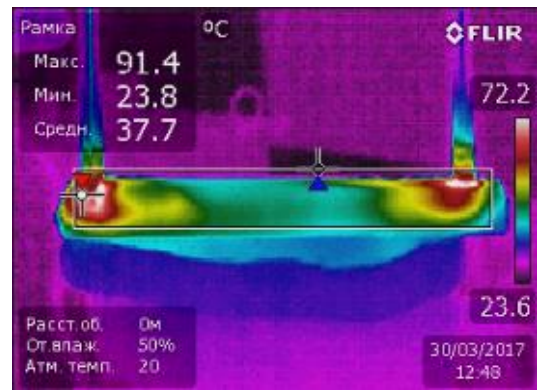
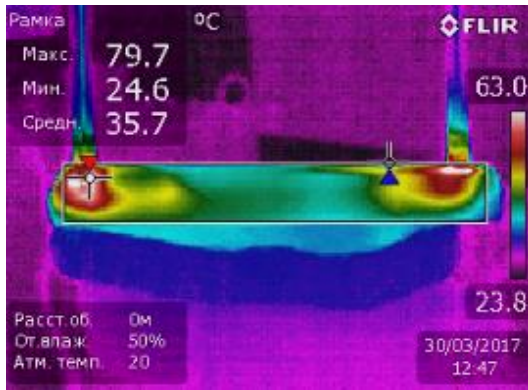
3.3 Получение термограмм полученных при воздействии напряжения на горючие сланцы

Получение термограмм осуществляется тепловизором Flir E40

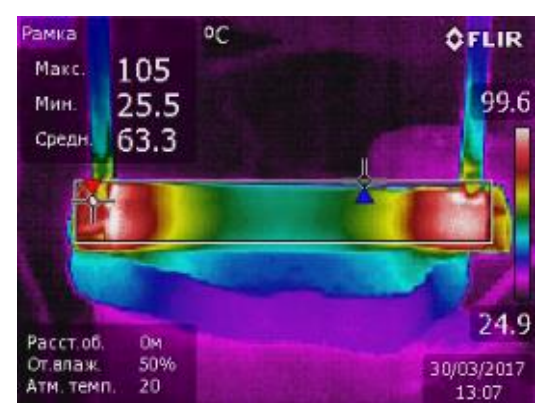
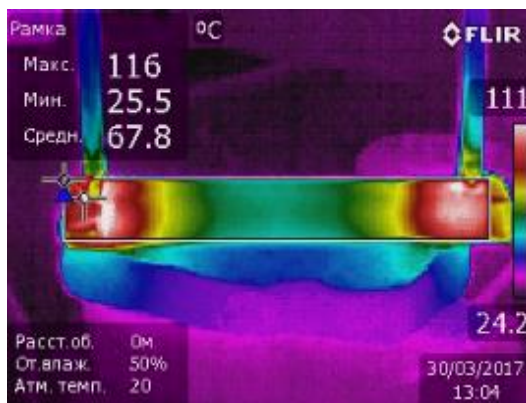
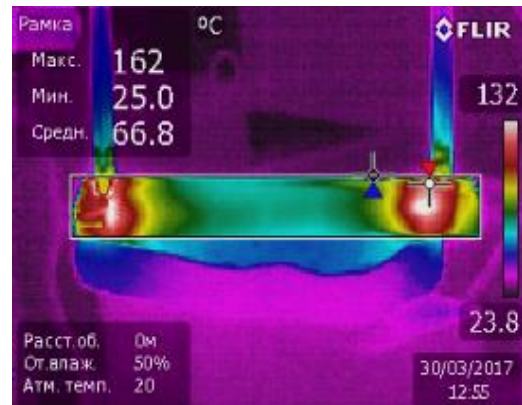
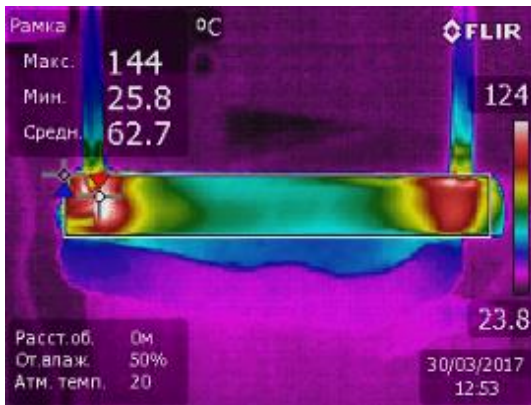
Образец 1

Длина образца 200 мм.

a)

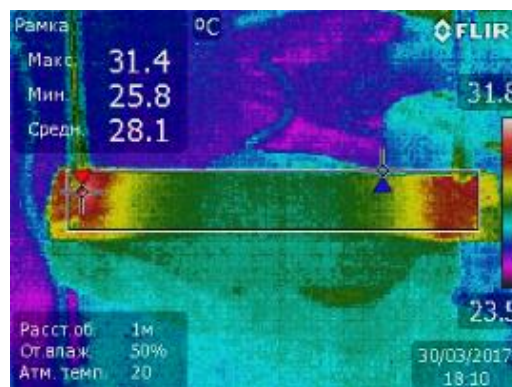
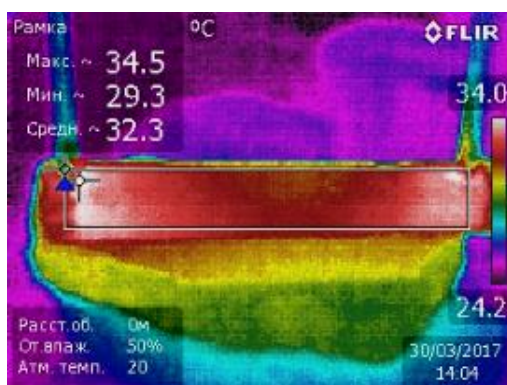


б)

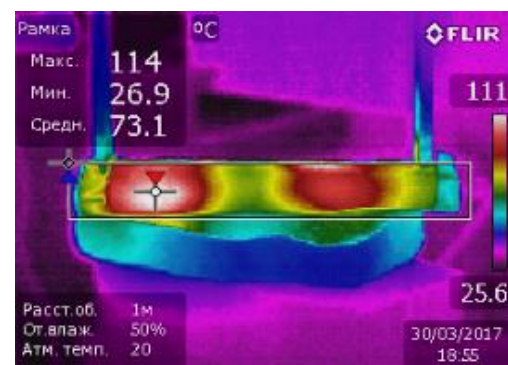
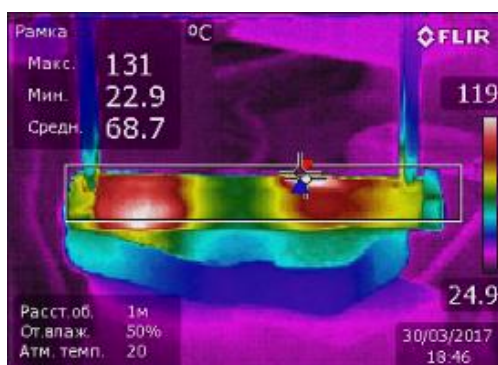
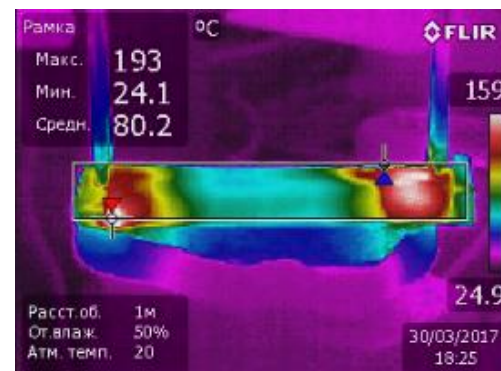
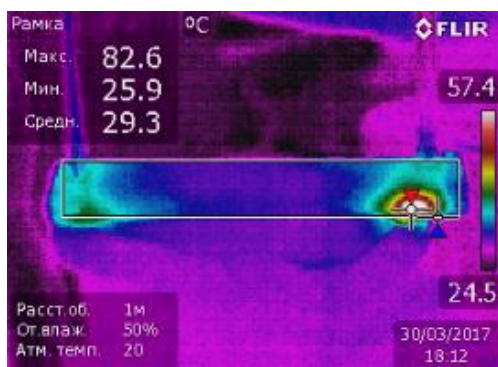


Продолжение картинки 23

в)



г)

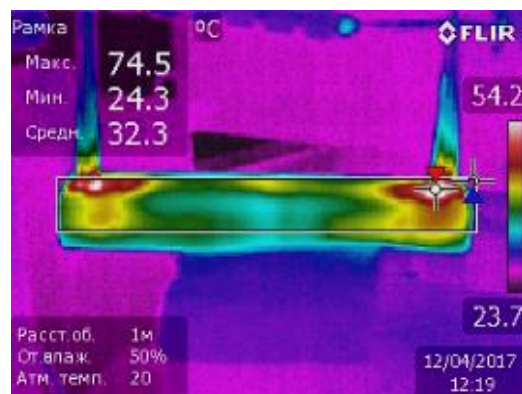
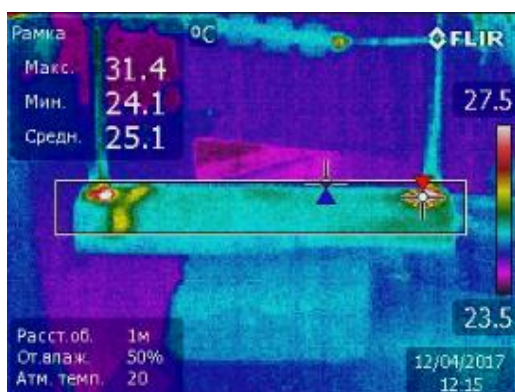


а) начало эксперимента б) локальный нагрев в) предпробойное состояние
г) пробой

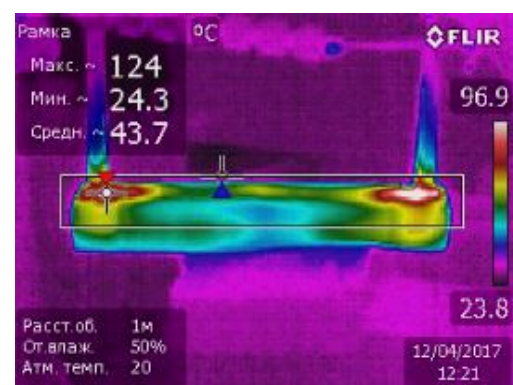
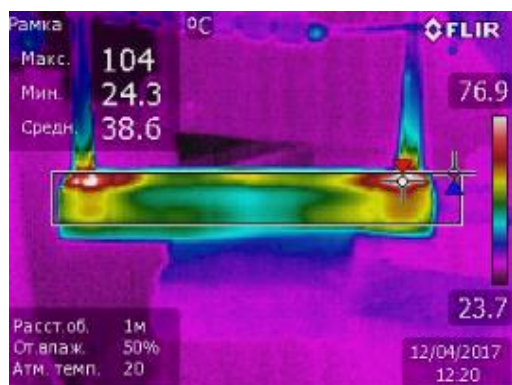
Рисунок 26 - Термограммы образца 1

Образец 2

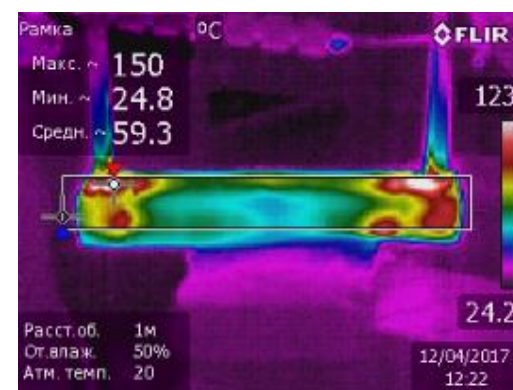
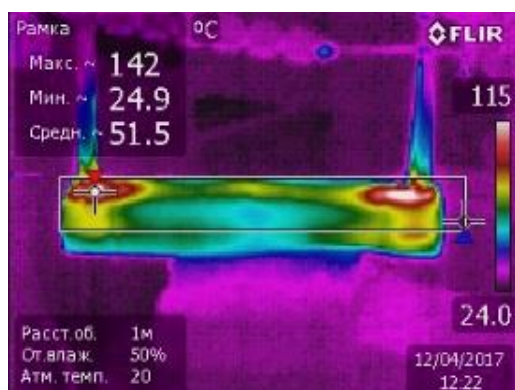
а)



б)



в)

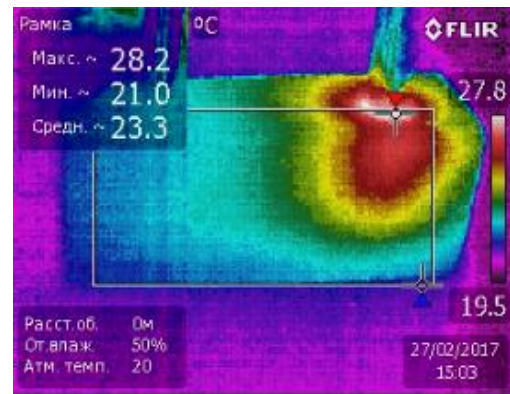
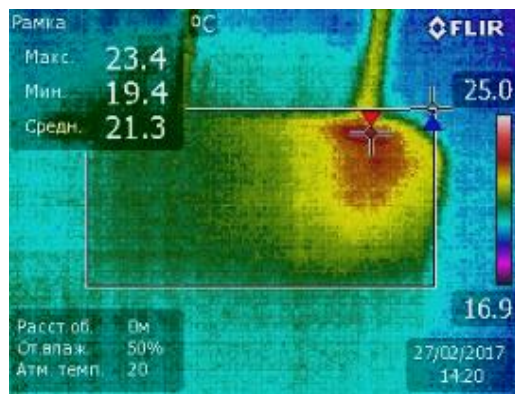


а) начало эксперимента б) предпробойное состояние г) пробой

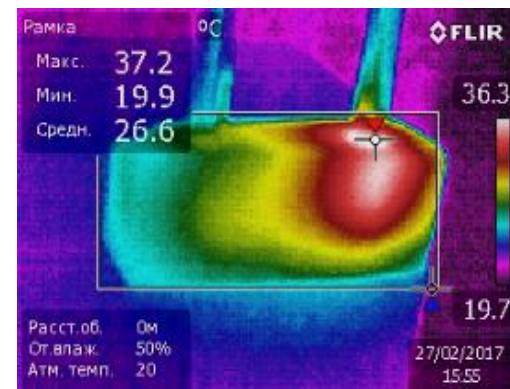
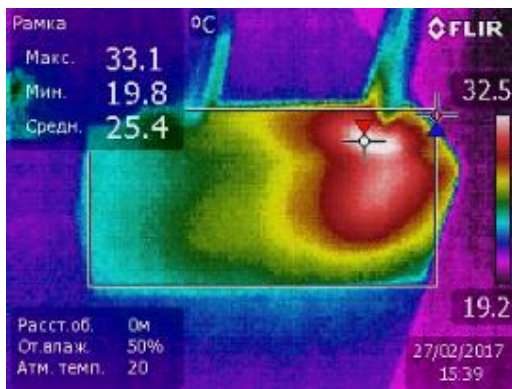
Рисунок 27 - Термограммы образца 2

Образец 3.

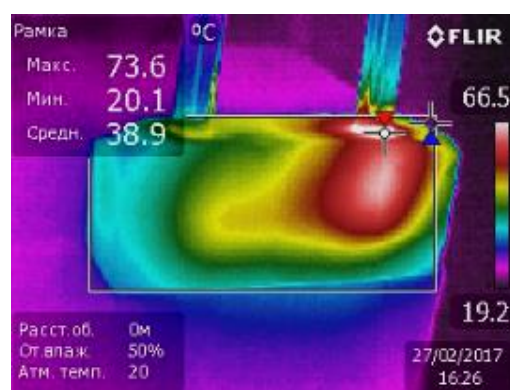
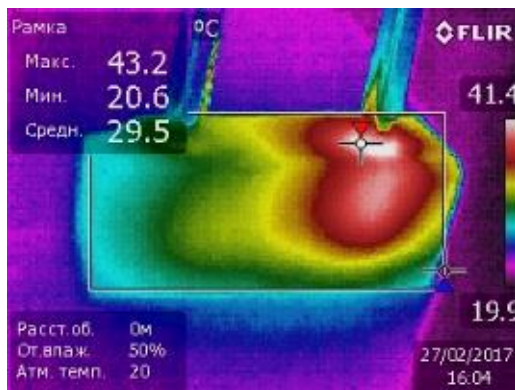
а)



б)

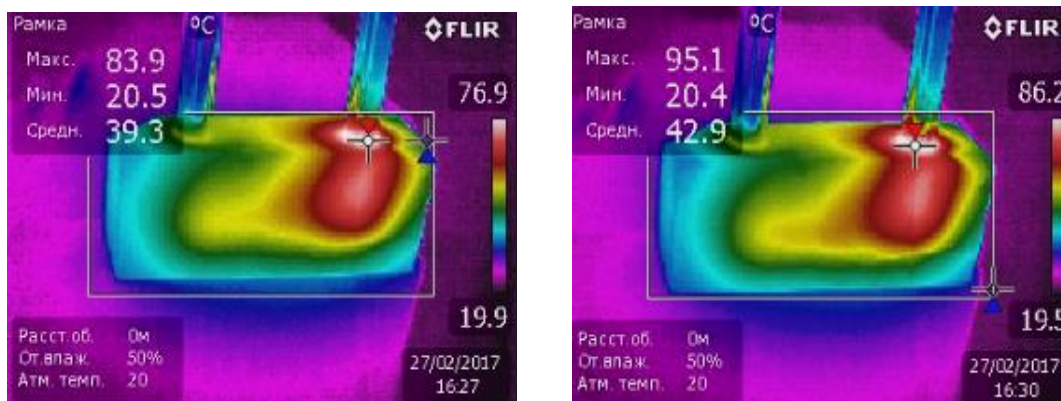


в)



Продолжение картинки 28

г)



а) начало эксперимента б) локальный нагрев в) предпробойное состояние
г) пробой

Рисунок 28 - Термограммы образца 3

Как видно из термограмм образца, первоначальный нагрев происходит у электродов, связанный с повышенными диэлектрическими потерями с высоким переходным сопротивлением.

Из-за не идеальности контакта металлических электродов с образцом породы переходное сопротивление в области стыковки высокое, следовательно напряженность поля и интенсивность ЧР максимальное. Благодаря разрядам происходит тепловыделение в приэлектродной области, в дальнейшем эпицентр тепла перемещается в область наибольшего сопротивления.

С течением времени за счет приэлектродных явлений переходное сопротивление нивелируется и мы можем наблюдать сквозной канал и локальные очаги повышенной температуры

Локальные характеристики ЧР разнятся в различных диапазонах, где мы можем наблюдать перемыкающие и локальные очаги, это связано с неоднородной структурой и составом породы, соответственно характеристики по этой структуре распределены неоднородно, причем как в поперечной так и продольном сечении образца.

3.4 Получение зависимостей напряжения, проводимости и температур от времени

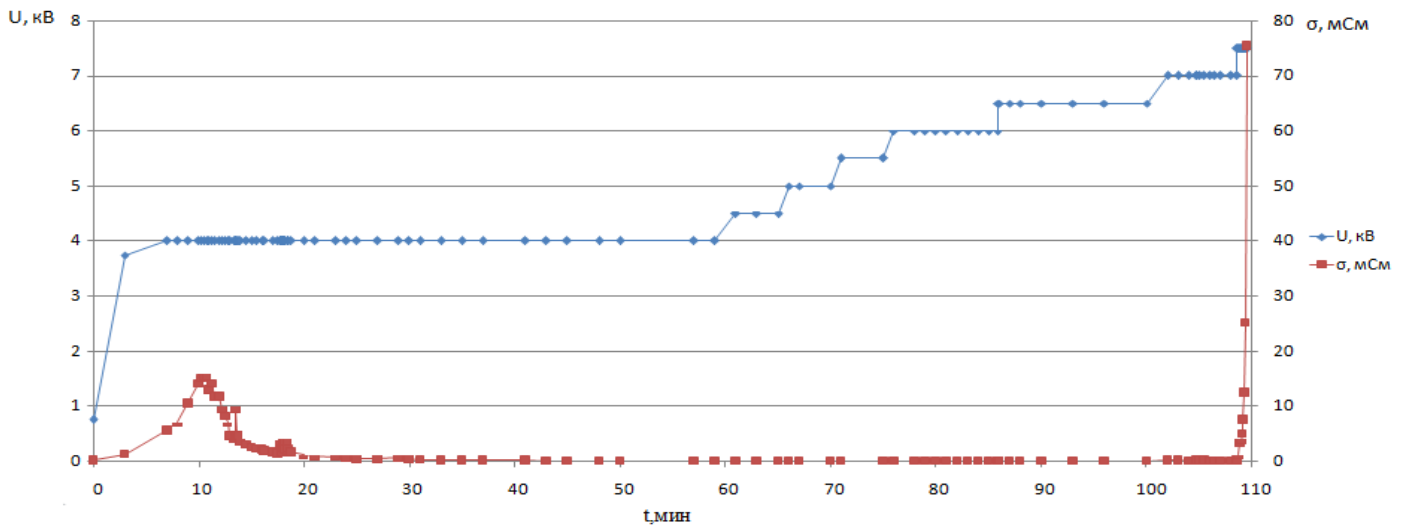


Рисунок 29 - Зависимость напряжения и проводимости от времени воздействия при тепловом пробое

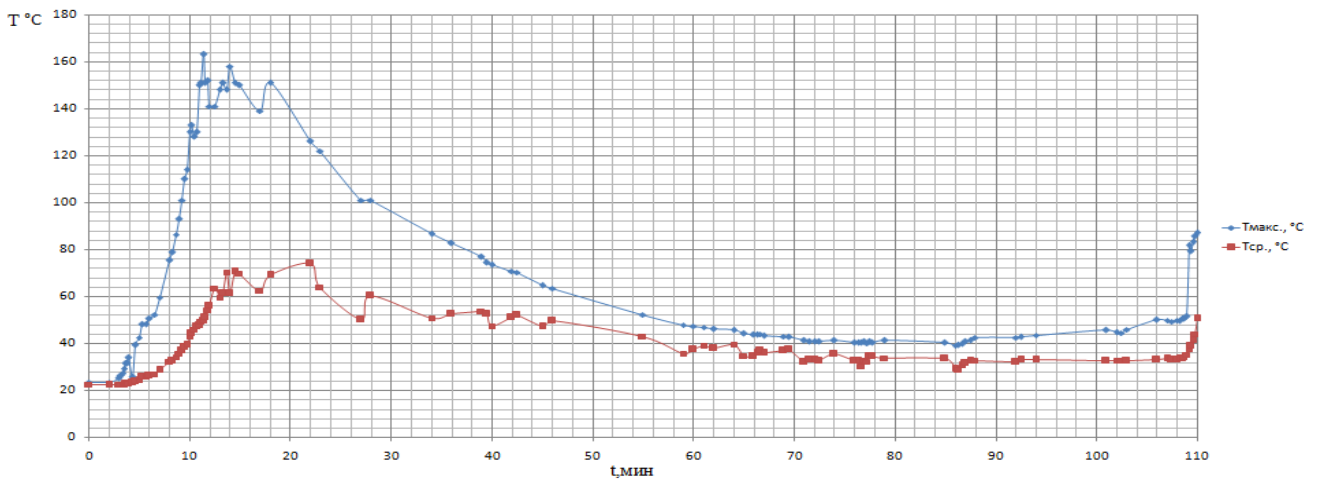


Рисунок 30 - Зависимость максимальной и средней температуры от времени воздействия при тепловом пробое

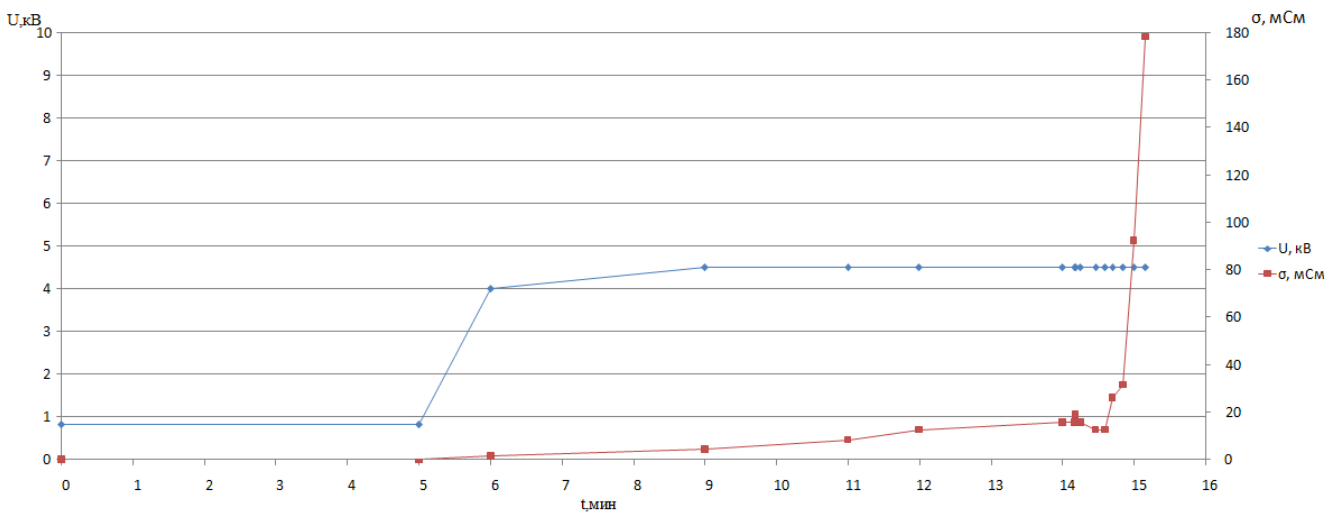


Рисунок 31 - Зависимость напряжения и проводимости от времени воздействия при тепловом пробое

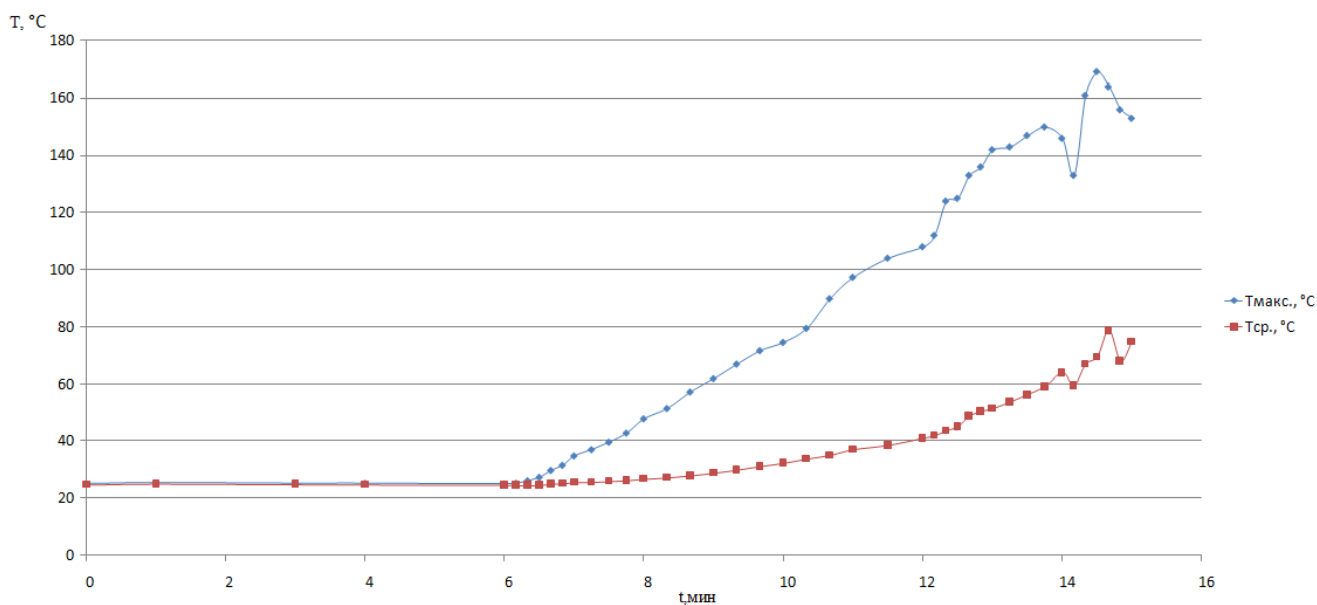


Рисунок 32 - Зависимость максимальной и средней температуры от времени воздействия при тепловом пробое

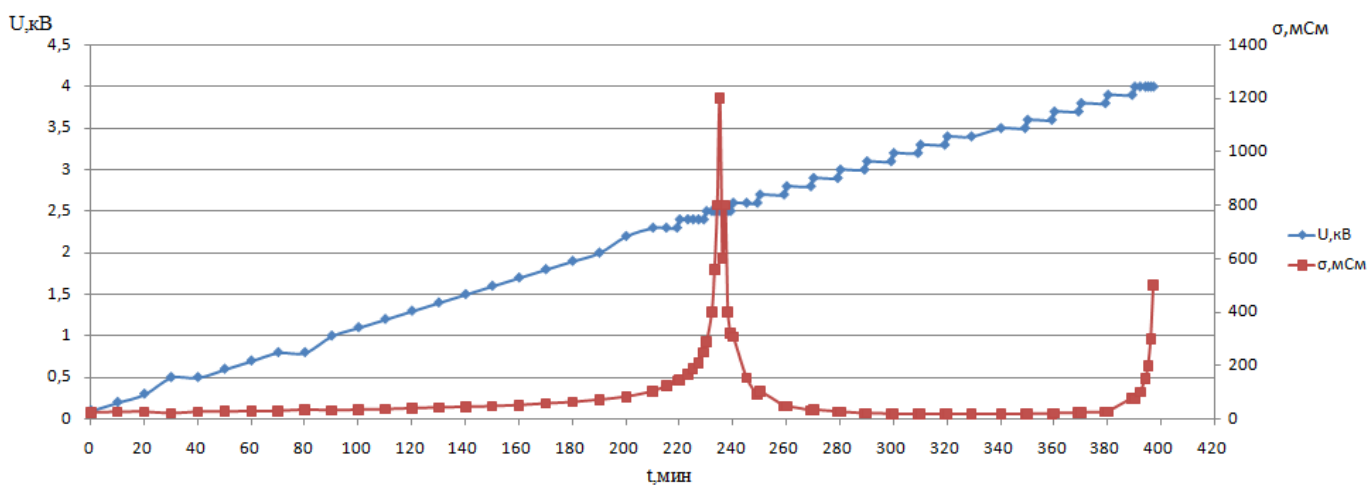


Рисунок 33 - Зависимость напряжения и проводимости от времени воздействия при тепловом пробое

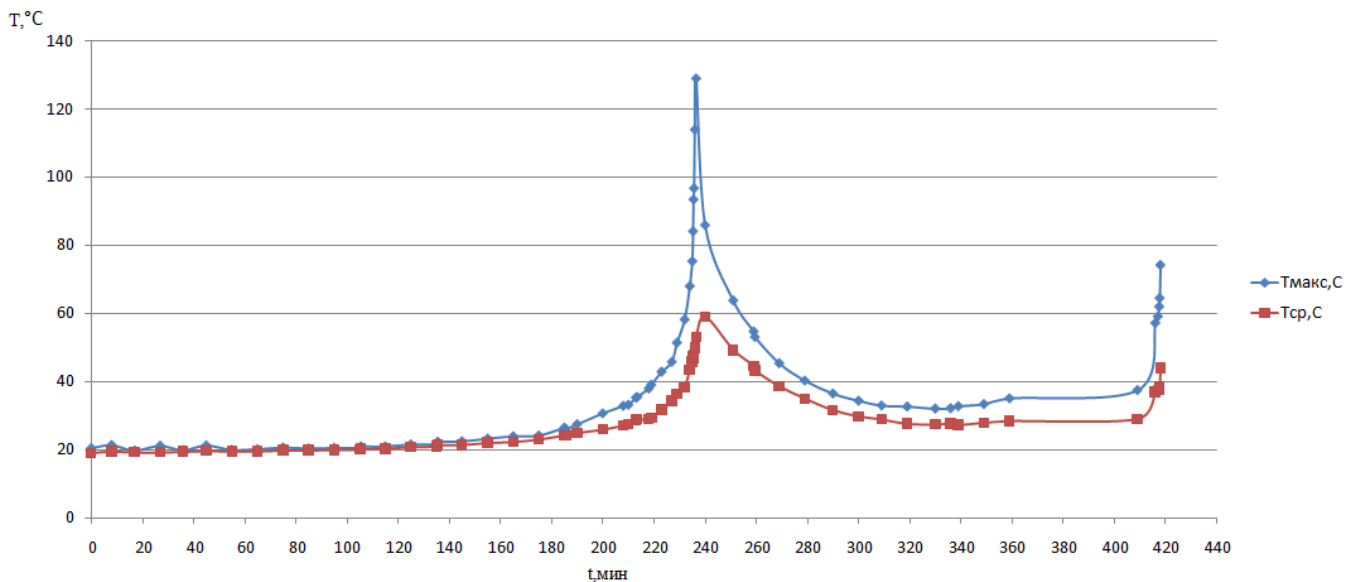


Рисунок 34 - Зависимость максимальной и средней температуры от времени воздействия при тепловом пробое

Вывод по главе: В ходе эксперимента наблюдались тепловой и предполагаемый триинговый пробой. Проводимость твердых тел и изменение ее в зависимости от температуры определяются структурой вещества и его составом. В классическом случае теплового пробоя проводимость твердого диэлектрика увеличивается с увеличением температуры экспоненциально.

Горючий сланец нельзя отнести к диэлектрикам и процессы протекающие в нем могут не соответствовать теории. Для наглядного примера возьмем образец № 1 рисунок 29, зависимость полученная нами не описывается закономерностями классического теплового пробоя. Как указано выше, горючий сланец имеет неоднородную, слоистую структуру с наличием различного рода включений, которые оказывают сильное влияние на процессы протекающие в нем. В начальный момент времени при увеличении до определенного значения напряжения увеличивалась температура, а следовательно и проводимость. В определенный момент времени происходит резкий спад проводимости до относительно низкого значения. После того, как произошел спад проводимости до критического

значения в течении длительного времени существенных изменений не происходило, после чего было увеличено напряжение.

При повышении напряжения интенсивность ЧР увеличивалось, однако существенного изменения проводимости не наблюдалось.

На 2-ом часу эксперимента увеличили значение напряжения, при котором резко возросла проводимость, что свидетельствует о возникшем пробое.

Пробой описанный в данном эксперименте можно отнести к тепловому пробую третьего рода, возникший вследствие искажения электрического поля внутри диэлектрика. В этом эксперименте пробой возник вследствие триинга. Сам процесс можно описать следующим образом: при прорастании структуры триинга вглубь промежутка перед дендритом увеличивается напряженность поля, при прорастании проводящего дендрита до определенного критического значения, когда расстояние между острием дендрита и противоположным электродом становится достаточно мало происходит пробой.

В реальных условиях явление теплового пробоя протекает достаточно сложно. По толщине диэлектрика имеется перепад температуры, средний слой оказывается нагретым выше, чем прилегающие к электродам, сопротивление его резко падает, что ведет к искажению электрического поля и повышенным градиентам напряжения в поверхностных слоях. Имеет значение также и теплопроводность материала электродов. Все это способствует пробую образцов при более низких напряжениях, чем получаемые из приближенного расчета. На рисунке 31. изображен классический тепловой пробой второго рода при котором наблюдается относительно плавное увеличение электропроводимости с увеличением напряжения, а также плавное увеличение температуры.

4 Финансовый менеджмент , ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Студенту:

Группа	ФИО		
4ТМ61	Калыкова Эльмира Канатовна		
Институт	ИФВТ	Кафедра	ВЭСЭ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Приблизительная стоимость ресурсов научного проекта, в том числе научно-технического оборудования, составляет около 550 тыс. руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Налоги рассчитать по упрощенной системе налогообложения, ставку дисконтирования принять равной 0,1, Отчисления по страховым взносам – 30% от ФОТ</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТП</i>	<i>Определение концепции проекта, факторов микро- и макросреды, анализ рынка продукта, экспертная оценка эффективности, SWOT-анализ</i>
2. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Планирование научно-технического проекта</i>
3. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Определение ресурсной, финансовой, социальной и экономической эффективности исследования</i>
Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Старикова Екатерина Васильевна	к.филос.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ТМ61	Калыкова Эльмира Канатовна		

Введение

Цель исследовательской работы:

Основной целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение успешности и перспективности проекта, оценка его эффективности, разработка механизма управления и принятия конкретных проектных решений на этапе реализации.

Данная глава выпускной квалификационной работы посвящена оценке целесообразности применения электрофизического способа конверсии твердых горючих сланцев

Задачи раздела:

- 1 оценка конкурентной способности изучаемого метода;
- 2 расчет стоимости затрат научной исследовательской работы;
- 3 комплексный SWOT - анализ научно-исследовательского проекта;
- 4 оценка коммерческого и инновационного потенциала.

4.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Основной задачей данного раздела «ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, а также разработать механизм управления на этапе его реализации.

На сегодняшний день детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Важно реалистично подходить и оценивать сильные и слабые стороны разработок конкурентов. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное

исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 3 [26].

Таблица 3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Бф	Бк	Кф	Кк
Безопасность	0,25	3	3	0,9	0,9
Помехоустойчивость	0,15	4	4	0,6	0,6
Надежность	0,1	4	3	0,4	0,3
Уровень шума	0,15	3	2	0,3	0,2
Простота эксплуатации	0,15	4	3	0,6	0,45
Удобство в эксплуатации	0,1	3	2	0,3	0,2
Энергоэкономичность	0,1	2	3	0,2	0,3
Итого	1				

4.1.1 Потенциальные потребители результатов НТИ

Далее составляю карту сегментирования, в которой привожу наиболее распространенные способы разработки сланцевых плеев и их сравнение таблица 4.

Таблица 4– Карта сегментирования рынка

	Методы добычи горючих сланцев с дальнейшей конверсией		
	Горизонтальное бурение	Гидро разрыв пласта.	Электрофизический способ(тепловой пробой) подземной
Минимальная энергозатратность		х	х
Отсутствие дополнительного оборудования	х		х
Широкое применение в нефтегазовой сфере	х	х	
Применения для всех типов скважин			х
Экологичность добычи			х
Освоенность метода	х		
Возможность получения нефти			х
Простота эксплуатации			х

Делая вывод по карте сегментирования выявлено, что основным сегментом рынка услуг по добыче горючих сланцев на данный момент представлен субъектами, использующими метод горизонтального бурения. Данный метод достаточно изучен и широко применяется по добычи горючих топлив.

Электрофизический способ обладает рядом достоинств, такими как : применим для всех типов шахт, менее энергозатратный, возможность получения нефти и газа при дальнейшей конверсии. Несмотря на ряд преимуществ мы не можем выделить его, так как данный метод полностью не изучен и требует доработок.

Целью исследований, выполняемых в рамках ВКР, является изучение данного метода, с дальнейшим внедрением его в нефтегазовую отрасль.

4.2 Иерархическая структура работ

Содержание работ данного проекта определено и структурировано в виде иерархии, которая приведена на рисунке 35.

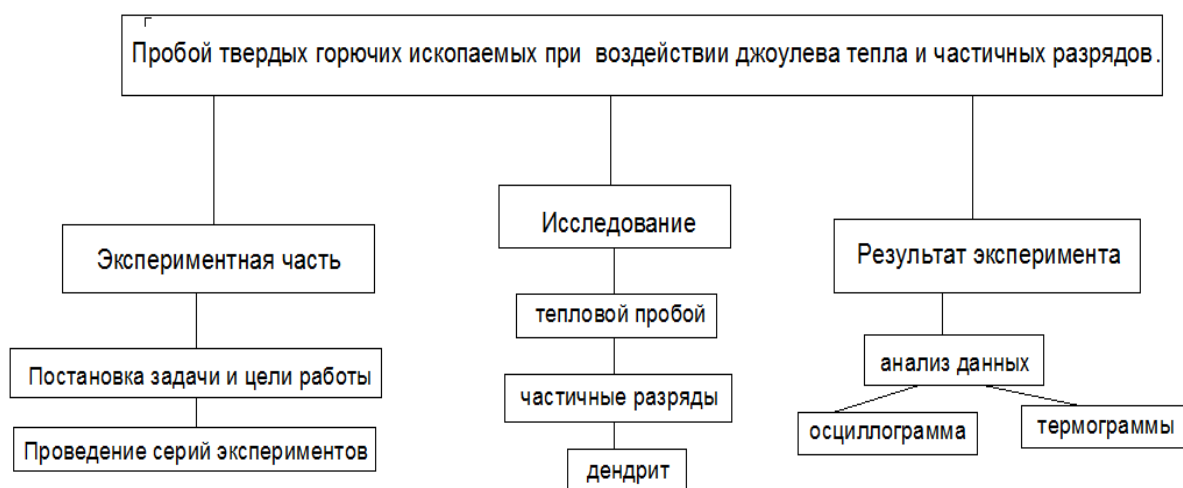


Рисунок 35 - Иерархическая структура работ

4.3 Оценка коммерческого и инновационного потенциала

Оценка целесообразности применения электрофизического способа конверсии твердых горючих ископаемых является по сей день открытым вопросом. Существующие на данный момент другие методы добычи и дальнейшей конверсии горючих сланцев имеют ряд несовершенств.

Исследования, проводимые в данной выпускной работе, являются инициативными в рамках научно-исследовательской работы для кафедры ВЭСЭ.

Анализ и оценка конкурентоспособности разработанного метода не рассматривается, так как не один из методов не имеют широкой огласки и практически не применяются.

SWOT анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT- анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта[25].

Для того что бы найти сильные и слабые стороны проекта, и выявить возможности и угрозы для его реализации проведем SWOT–анализ таблица 5.

Таблица 5 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Низкая стоимость. С2. Не требует специального оборудования. С3. Пожаро и взрывобезопасен. С4. Эффективен в любых типах скважин. С5. Основные реагенты экологически чистые.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Малое количество исследований. Сл2. Малая скорость добычи. Сл3. Применения метода только в лабораторных условиях.
--	---	--

<i>Продолжение таблицы 5</i>		
<p>Возможности:</p> <p>В1. Исследование структуры сланцевой породы.</p> <p>В2. Применение для собственных нужд высоковольтного зала</p> <p>В3. Использование для других научно – исследовательских работ</p> <p>В4. Публикации в научных журналах.</p> <p>В5. Включение к лабораторным работам по дисциплине.</p>	<p>Применение теплового пробоя как способ формирования нагревательного элемента в толще пласта, для дальнейшей термической конверсии органических компонентов породы</p>	<p>Данный метод исследовался только в лабораторных условиях, полученные данные могут не соответствовать реальным полевым испытаниям.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие кадров для продолжения научно-исследовательской работы.</p> <p>У2. Отсутствие спроса на данный метод конверсии горючих сланцев.</p> <p>У3. Узкий рынок для сравнения с существующими методами.</p> <p>У4. Недостаток теоретических знаний.</p> <p>У5. Недостаточное финансирование.</p>	<p>Установка не представляет сложных дополнительных сооружений(шахт, складов и.т.д). Используются экологически чистые компоненты. Отсутствие отходов.</p>	<p>В случае отсутствия кадров для продолжения научно-исследовательской работы невозможно будет проводить исследования по данному методу.</p>

Анализируя таблицу можно сделать вывод о рентабельности и целесообразности использования данного метода для проведения лабораторных исследований. Преимущество данного метода: низкая стоимость, пожаро и взрывобезопасность, возможность применения данного способа с последующей конверсией горючего сланца.

Установка не представляет сложных дополнительных сооружений(шахт, складов и.т.д). Используемые компоненты имеют органическую структуру и являются экологически чистыми. Данный метод исследовался

только в лабораторных условиях, полученные данные могут не соответствовать реальным полевым испытаниям.

4.4 Планирование научно-технического проекта

Сборка электрической части установки, подготовка образцов, измерительные и вычислительные работы производились группой квалифицированных работников. Группа состояла из трех человек - научного руководителя и двух студентов магистрантов.

Определение трудоемкости и продолжительности работ осуществляется на основе отраслевых нормативов, типовых норм на разработку конструкторской документации, а для работ, обладающих большой неопределенностью на основе вероятностных (экспертных) методов [27].

В научно - исследовательской работе использую опытно - статический метод, реализация которого происходит двумя методами:

Расчет продолжительности этапов работ осуществляется двумя методами:

- аналоговый;
- вероятностный.

Для определения ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$ применяется вероятностный метод – метод двух оценок t_{min} и t_{max} .

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (4.1)$$

где t_{min} – минимальная трудоемкость работ, чел/дн.;

t_{max} – максимальная трудоемкость работ, чел/дн.

В таблице 6 приведена длительность этапов работ и число исполнителей, занятых на каждом этапе.

Таблица 6 – Этапы реализации проекта

Содержание работ	Продолжительность работ, ожид/день			Исполнители
	t_{\min}	t_{\max}	$t_{\text{ож}}$	
1. Разработка и утверждение технического задания	6	10	8	Руководитель
2. Определение последовательности этапов разработки	8	12	10	Руководитель
3. Литературный подбор	23	30	26	Руководитель Техник
4. Разработка механической части	5	7	6	Руководитель Техник
5. Подготовка электрической части	6	8	7	Техник
6. Расчет параметров электрической схемы	8	10	9	Техник
7. Подготовка образцов	5	6	5	Руководитель Техник
8. Предварительный запуск установки	3	5	4	Руководитель Техник
9. Отработка и наладка режимов	7	9	8	Руководитель Техник
10. Исследовательская работа	25	35	30	Руководитель Техник
11. Обработка результатов	60	90	72	Техник

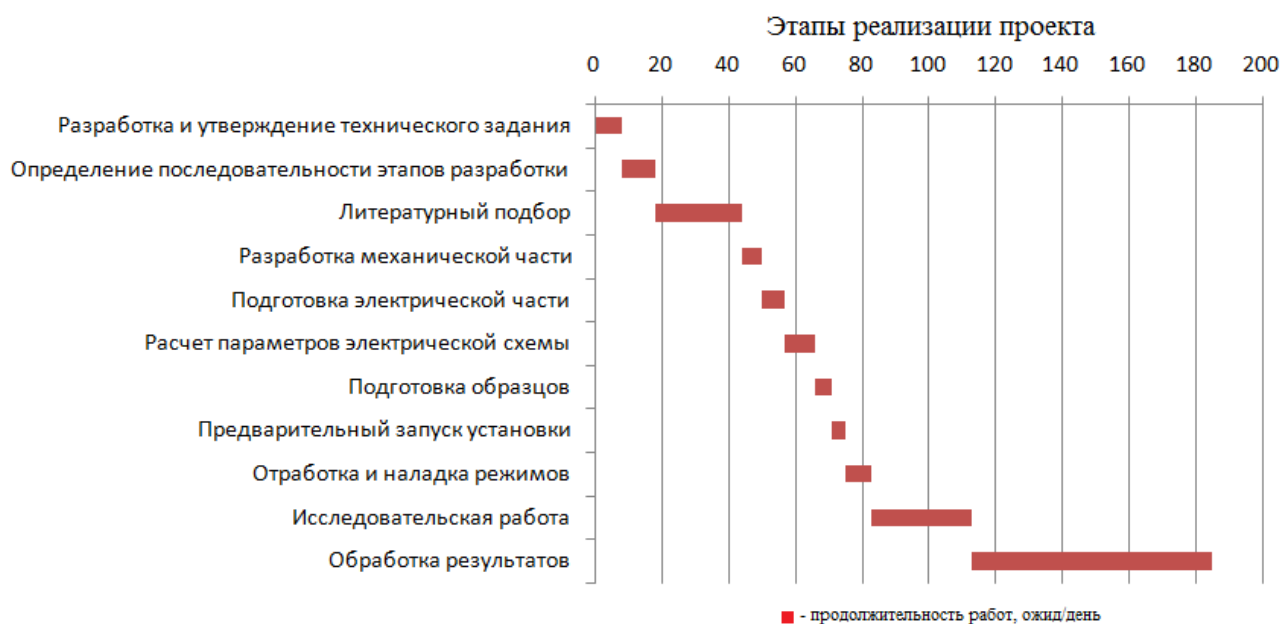


Рисунок 36 – Продолжительность этапов реализации проекта

График выполнения работ по дням составлен на год без учета всех выходных, предпраздничных и праздничных дней на рисунке 2.

Ожидаемое время работы $T_{ож} = 233$ дня.

Определения с учетом всех выходных, предпраздничных и праздничных дней

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (4.2)$$

где $t_{ож}$ – трудоемкость работы, чел/дн.;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ ($K_{ВН} = 1$);

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсации и согласование работ ($K_{Д} = 1,2$).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К} \quad (4.3)$$

где $T_{РД}$ – продолжительность выполнения этапа в рабочих днях;

$T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{К}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}} \quad (4.4)$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 365$);

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 59$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 29$).

$$T_{К} = \frac{365}{365 - 59 - 29} = 1,317$$

Планирование научно-технического проекта показало, что для разработки и изготовления оборудования требуется полтора года. Это соответствует с периодом обучения студента[28].

Матрица ответственности по проекту.

В целях распределения ответственности между участниками проекта формируется матрица ответственности .

Таблица 7 - Матрица ответственности

Этапы проекта	Руководитель/инженер ВЭСЭ	Техник/лаборант	Химик лаборант
Сборка оборудования	Сборка требующего оборудования, проверка на исправность и готовность работ, соблюдения правил безопасности.	Сборка оборудования, соблюдения правил безопасности.	Не принимает участия.
Подборка режимов работ	Настройка приборов регистрации, выбор режима работ.	Настройка регистрирующего прибора, учет и запись осциллограмм и термграмм	Не принимает участия
Подготовка образцов	Заказ соответствующего образца с месторождений	Подготовка образца, придания им формы для удобства проведения опыта, а также установка электродной системы. Подготовка камеры.	Изучение качества и характеристик месторождений сланцев. Заказ соответствующего образца.
Проведения опытов	Контроль правильности прохождения опыта.	Регистрация сигналов регистрирующих прибор, заполнение дневника.	Не принимает участия
Обработка результатов продуктов разложения	Контроль правильности проведения опыта	Сборка информации о проведения опыта. Предоставление продуктов разложения в хим.лабораторию	Анализ проб продуктов разложения. Описания полученных результатов, оценка качества и годность продукта.
Анализ работ	Физический процесс	Технологический процесс.	Химический анализ

Делая вывод о проделанной работе, нельзя выделить кого-то особенно, так как каждый из участников ответственен за свой процесс на этапе реализации проекта.

4.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. Поэтому в данном параграфе рассчитаем:

- Материальные затраты;
- Основная заработная плата исполнителей темы;
- Отчисления во внебюджетные фонды;
- Затраты электроэнергии;
- Накладные расходы [29].

Таблица 8 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты (Зм)
Трансформатор ИОМ-100	шт	1	250000	200000
Тепловизор Flir E4	шт	1	149000	149000
Осциллограф Tektronix TDS2004C	шт	1	152000	152000
Резистор CF-0.125 27.0	шт	4	32	320
Конденсатор К15-5-6,3-220пФ	шт	4	52	260
Предохранитель FUSE 1A 250V 5x20	шт	4	56	280
Резистор CF-100 (C1-4)	шт	4	20	185
Кабель рк-150-3-31	м	8	86	210
Итого				552312

Основная заработная плата исполнителей темы

Часовая тарифная ставка ($C_{ч}$) определяется:

$$C_{ч} = \frac{Оклад}{Ф_{рв}} \quad (4.5)$$

где $Ф_{рв}$ – плановый фонд рабочего времени за месяц из расчета 22 рабочих дня по 8 часов, в соответствии выписки из приказа №6514 от

19.11.2009.

Определяем заработную плату для техника:

$$C_q = \frac{3900}{22} = 177 \text{ рублей в день}$$

Теперь рассчитаем заработную плату научного руководителя:

Дневная тарифная ставка (C_q):

$$C_q = \frac{27000}{22} = 1227 \text{ рублей в день}$$

Таблица 9 – Расчет основной заработной платы

Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата	Всего заработная плата по тарифу (окладам), руб.
1. Разработка и утверждение технического задания	Рук	7	1227	8589
2. Определение последовательности этапов разработки	Рук	10	1227	12270
3. Литературный подбор	Тех	25	177	4425
4. Разработка механической части	Рук	5	1227	6135
	Тех	5	177	885
5. Разработка электрической части	Тех	6	177	1062
6. Расчет параметров электрической схемы	Тех	8	177	1416
7. Подготовка образцов	Рук	5	1227	6135
	Тех	5	177	885
8. Предварительный запуск установки	Рук	3	1227	3681
	Тех	3	177	531
9. Отработка и наладка режимов	Рук	7	1227	8589
	Тех	7	177	1239
10. Исследовательская работа	Тех	27	177	4779

Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Зарботная плата	Всего зарботная плата по тарифу (окладам), руб.
	Рук	5	1227	6135
11. Обработка результатов	Тех	65	177	11505
Итого				78261

Дополнительная зарботная плата научно-производственного персонала

Дополнительная зарботная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной зарботной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (3)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарботной платы (на стадии проектирования принимается равным (0,12 – 0,15)). Расчет дополнительной зарботной платы приведен в таблице 7.4.

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

На 2018 г. в соответствии с Федеральным законом установлен размер страховых взносов равный 30 %.

Таблица 10 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная зарботная плата, руб
Руководитель проекта	27000
Техник-студент	3900
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271
Итого	9270

Затраты электроэнергии

Затраты на электроэнергию в денежном выражении рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{эл}} = W_{\text{сил эн}} \cdot C_3, \quad (4.6)$$

где C_3 – стоимость одного кВт·часа электроэнергии. C_3 - одноставочный тариф на потребляемую электроэнергию составляет 3,5 руб/кВт·ч для ТПУ.

Таблица 11 – Затраты электроэнергии

Наименование статьи	Затраты электроэнергии, кВт·ч.	Тариф электроэнергии, руб/кВт·ч	Затраты на электроэнергию, руб.
Монтажные работы	50	3,5	175
Пуско-наладочные работы	10	3,5	35
Освещение рабочего места	160	3,5	560
Использование ручного электроинструмента	85	3,5	297,5
Итого			1067,5

Накладные расходы

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, накладные расходы равны: $Z_{\text{накл}} = 30900 \cdot 0,16 = 4944$ руб.

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .

Расчет бюджета научно - исследовательского проекта свожу в таблицу 12.

Таблица 12 – Расчет бюджета затрат НТП [30]

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты НТИ	552312
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	78261
Отчисления во внебюджетные фонды	9270
Накладные расходы	4944
Затраты электроэнергии	1067,5
Бюджет затрат НТП	645854,5

Оценка рисков НТИ

Таблица 13 – Экономические риски

№	Риски	P _i	b _i	w _i	P _i *w _i
1	Инфляция	100	3	0,017	1,7
2	Экономический кризис	50	4	0,036	1,8
3	Недобросовестность поставщиков	25	6	0,121	3,025
4	Непредвиденные расходы в плане работ	50	8	0,152	7,6
5	Снижение уровня спроса на продукцию	25	9	0,168	4,2
6	Сложность выхода на мировой рынок	50	8	0,161	8,05
7	Колебания рыночной конъюнктуры	50	4	0,107	5,35
8	Отсутствие в числе сотрудников экономистов	25	3	0,117	2,925
9	Низкие объемы сбыта	25	9	0,121	3,025
	Сумма		54	1	37,675

Таблица 14 – Технологические риски

№	Риски	P _i	b _i	w _i	P _i *w _i
1	Возможность поломки оборудования	25	6	0,156	3,9
2	Низкое качество поставленного оборудования	25	9	0,245	6,125
3	Неправильная сборка оборудования	25	10	0,235	5,875
4	Опасность для работающего персонала и аппаратуры	25	2	0,364	9,1
	Сумма		27	1	25

Далее производится расчет общих рисков:

Таблица 15 – Общая оценка риска проекта

Виды рисков в группе	P _i	b _i	W _i	P _i *W _i
Экономические	37,675	10	0,5	18,8375
Технологические	25	10	0,5	12,5
Итого		25	1	31,3375

Общая оценка риска составила 40%.

Оценка ресурсоэффективности проекта

Ресурсоэффективность производства нанопорошков методом ЭВП определяется при помощи интегрального критерия ресурсоэффективности, который имеет следующий вид:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где: I_{pi} - интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i - весовой коэффициент проекта;

b_i - бальная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 16.

Таблица 16 - Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки
1. Рентабельность	0,25	1
2. Производительность	0,20	4
3. Экономичность	0,10	5
4. Экологичность	0,45	5
Итого:	1,00	

Интегральный показатель ресурсоэффективности для разрабатываемого проекта:

$$I_{pi}=0,25 \cdot 1+0,20 \cdot 4+0,10 \cdot 5+0,45 \cdot 5=3,8$$

Проведенная оценка ресурсоэффективности проекта дает достаточно неплохой результат (3,8 из 4), что свидетельствует об эффективности реализации технического проекта.

4.6 Анализ и оценка научно-технического уровня исследования

В этой главе рассчитаем коэффициент научно-технического уровня, который рассчитывается при помощи балльных оценок, к которым каждому из признаков НТУ присваивается определенное число баллов по принятой шкале.

Оценку приводят по сумме баллов по всем показателям с учетом весовых характеристик. Общая оценка рассчитывается по формуле:

$$HTU = \sum_{i=1}^n k_i \cdot P_i \quad (6)$$

где k_i – весовой коэффициент i – го признака;
 P_i – количественная оценка i – го признака.

Таблица 17 – Весовые коэффициенты НТУ

Признаки НТУ	Весовой коэффициент
Уровень новизны	0.5
Теоретический уровень	0.2
Возможность и масштабы реализации	0.3

Таблица 18 – Значимость теоретических уровней

Характеристика значимости теоретических уровней	Баллы
Установка законов, разработка новой теории	10
Глубокая разработка проблем, многосторонний анализ, взаимозависимость между факторами	8
Элементарный анализ связей между факторами (наличие гипотезы, объяснение версий, практические рекомендации)	4
Описание отдельных факторов (вещества, свойств, опыта, результатов)	2

Таблица 19 - Возможность реализации по времени и масштабам

Время реализации	Баллы
В течение первых лет	4
От 5 до 10 лет	7
Свыше 10 лет	8
Масштабы реализации	Баллы
Одно или несколько предприятий	1
Отрасль	3
Народное хозяйство	4

$$k_1 = 0.4, P_1 = 10, k_2 = 0.2, P_2 = 8,$$

$$k_3 = 0.2, P_3 = 10, k_4 = 0.2, P_4 = 4.$$

$$НТУ = 0.4 \cdot 10 + 0.2 \cdot 8 + 0.2 \cdot 10 + 0.2 \cdot 4 = 8.4$$

По результатам расчета коэффициента НТУ делаю вывод о том, что данный проект имеет значимость практического уровня, но широкое использование требует дополнительных теоретических знаний.

Анализируя результаты можно заключить, что исследование имеет хороший уровень практического значения, что подтверждает целесообразность и рентабельность проводимого научного исследования

Вывод по главе

В разделе были рассмотрены:

- анализ и оценка научно-технического уровня проекта и определено, что данный проект имеет среднюю значимость теоретического и практического уровня;

- разработан календарный план проекта, составлена смета затрат на проектирование, которая сведена в таблицу 9.

Подводя итог исследуемого проекта по критериям ресурсоэффективности и ресурсосбережению, следует отметить, что по всем показателям и расчетам использование данного проекта вполне рентабельно в лабораторных условиях. Ведутся исследования по выборке оптимальных параметров установки для полевых испытаний.

Оценка научно технического уровня проекта дает возможность говорить об эффективной реализации и о том, что проект имеет право на существование. Следует отметить основное достоинство данного проекта это: низкие затраты на обслуживания и эксплуатацию.

5 Социальная ответственность

Студенту:

Группа	ФИО
4ТМ61	Калыковой Эльмире Канатовне

Школа	ИШНПТ	Отдел школы	Отделение материаловедения
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	13.04.02 «электроэнергетика и электротехника»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.	<p>Объектом исследования выступает тепловой и триинговый пробой в горючих сланцах.</p> <p>Рабочей зоной является высоковольтный зал корпуса №11 ИФВТ ТПУ.</p> <p>Область применения: тепловой пробой применяется как способ формирования нагревательного элемента в толще пласта, для дальнейшей термической конверсии органических компонентов породы в нефтегазовой промышленности.</p>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество) – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<p>Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения:</p> <p>1. Воздействие вредных веществ (органических примесей)</p> <p>Согласно СанПиН 1.2.2353-08 предельно допустимая концентрация минеральные масла (нефтяного и сланцевого) ВРЗ ПДК 5,0 мг/м³, веретенное масла АВ ПДК 0,05 мг/м³. Согласно ГОСТ 12.1.007. Сланцевое масло относится к 3-му классу опасности. Работники лаборатории не имеют с контакта этими веществами.</p> <p>В условиях лаборатории проводится опыты по пробою горючих сланцев, без дальнейшей их конверсии. Работники лаборатории оснащены средствами индивидуальной защиты (масками), а также имеется вытяжная система.</p> <p>2. Воздействие электромагнитного поля.</p> <p>Предельно допустимые нормы уровня электрического и магнитного поля регламентируется согласно СанПиН</p>
---	--

	<p>2.2.4.1191-03 в зависимости от длительности пребывания персонала для условий. В лаборатории где проводятся опыты напряжение электрического и магнитного поля более 20 кВ/м. В целях обеспечения безопасности электродную систему помещают в экранированную металлическую камеру, токоведущие части помещены в металлический кожух. Рабочая зона огорожена металлической сеткой.</p> <p>3. Повышенный уровень шума.</p> <p>Согласно нормативным документам уровень шума и звукового давления не должен превышать 50дБА, уровень шума на рабочем 55дБА. В лаборатории применяются индивидуальные средства защиты (наушники), а также опыты проводятся в специальной камере.</p> <p>4. Микроклимат помещения.</p> <p>Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 требуемая температура воздуха в помещении – 19-21 градуса, температура поверхностей 18-22 градуса, скорость движения воздуха не превышает 0,2 м/сек. в холодный период года, и температура воздуха в помещении 20-22 градуса, температура поверхностей 19-23 градуса, скорость движения воздуха не превышает 0,2 м/сек в теплый период года. Температура воздуха в рабочей зоне поддерживается радиаторами в холодный период и вентиляцией в теплый период.</p> <p>5. Недостаточная освещенность</p> <p>Освещенность лаборатории №11 составляет - 300 лк.</p> <p>Согласно нормативным документам освещенность лаборатории должна соответствовать- 400 лк, достигается при помощи искусственного освещения.</p> <p>1.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.</p> <p>1. Термическая опасность.</p> <p>При длительной работе электроустановок, в особенности токоведущих частей, происходит нагрев и тепловыделение. При проведении опытов необходимо всячески избегать прикосновения к электрооборудованию, что обеспечивается специальным</p>
--	---

	<p>ограждением. Объектом исследования является тепловой пробой горючих сланцев, при прохождении электрического тока через образец происходит его нагрев. В целях безопасности при помощи тепловизора Flir производится тепловизионная диагностика, а также при необходимости соприкосновения с оборудованием используются защитные перчатки.</p> <p>2.Электрический ток</p> <p>Параметры величин тока и напряжения (от 3 кВ до 4кВ) изменяются в зависимости от размеров образца и условий выполнения опыта.</p> <p>Применяемые средства защиты от поражения электрическим: недоступность токоведущих частей, защитное заземление нетоковедущих элементов установки, применения изоляции, диэлектрические коврики, изоляция электрических частей от земли, а также средства индивидуальной защиты (диэлектрические перчатки)</p> <p>3 Статическое электричество.</p> <p>Высокое поверхностное сопротивление тканей человека затрудняет отекание зарядов, при проведении опытов рабочий персонал может долгое время находится под большим потенциалом. Основной опасностью при электризации материалов является возможность возникновения искрового разряда. Для снятия электростатических зарядов с человека рабочая зона заземляется, используются также индивидуальные средства защиты такие как антиэлектростатические халаты и обувь с резиновой подошвой.</p>
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению 	<p>Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы).</p> <p>Согласно СанПиН 1.2.2353-08 кремний диоксид кристаллический при содержании в пыли от 2 до 10 % (горючие сланцы) не должен превышать ВРЗ 4 ПДК /4,0 , мг/м³, минеральные масла (нефтяного и сланцевого) ВРЗ ПДК 5,0 мг/м³,веретенное масла АВ ПДК 0,05 мг/м³. При проведении опытов контакта с этими веществами не случается.</p>

<p>экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</p>	<p>В рамках исследовательской работы выбросов и отходов не будет, так как работы ведутся по пробую горючих сланцев, без дальнейшей их конверсии. Негативное воздействие на атмосферу, гидросферу и литосферу не оказывается.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>Перечень всевозможных ЧС при разработке и эксплуатации. Помещение лаборатории имеет категорию Г [Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"]. Помещение лаборатории имеет «Знак зоны-1» и «Зона класса В-Ia» класса зоны по ПУЭ [Классификация и маркировка взрывозащищенного электрооборудования по ГОСТ 12 2020-76]. ЧС на объекте могут произойти в следствии: короткого замыкания цепи, которое может привести к пожару и взрыву. Превентивные средства по предотвращения ЧС : применение изоляции, изоляция электрических частей установки от земли, недоступность токоведущей части. Действия предпринимаемые в результате возникшей ЧС –сообщить о пожаре по телефону 01 в пожарную охрану; –отключить все электроустановки; –закрывать окна и двери, чтобы убрать сквозняк и доступ кислорода для горения; –организовать эвакуацию из лаборатории и параллельно приступить к ликвидации очага пожара первичными средствами пожаротушения (огнетушитель ОУ-5-ВСЕ, пожарный рукав) При невозможности – покинуть опасную зону.</p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Согласно ГОСТ 23000-78 конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должна соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям. Расстояния между рабочими зонами, параметры освещения и микроклимата соответствуют нормам.</p>

<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Ахмеджанов Рафик Равильевич	д.б.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ТМ61	Калыкова Эльмира Канатовна		

Введение

Объектом исследования является тепловой и триинговый пробой в горючих сланцах. Тепловой пробой как способ формирования нагревательного элемента в толще пласта, для дальнейшей термической конверсии органических компонентов породы.

Цель исследовательской работы: экспериментальное определение влияния времени воздействия частичных разрядов и джоулева тепла на напряжение и механизм пробоя .

Зачастую частичным разрядом называют искровой разряд, который обладает малой мощностью и образуется на поверхности изоляции либо внутри, в основном в оборудовании среднего и высокого классов напряжения. Периодически повторяющиеся частичные разряды, с течением времени, начинают разрушать изоляцию, приводящие к ее пробоям. Разрушение изоляции под действием частичных разрядов происходит достаточно длительное время, как правило может занимать (месяцы и даже года).

В рамках научно - исследовательской работы необходимо определить процесс наиболее существенным образом влияющий на пробой горючих сланцев. В связи с чем были проведены многочисленные серии экспериментов на образцах горючего сланца, имеющие различные параметры длин, а также условия проведения опытов.

К опасным факторам можно отнести возникновения пожара, вследствие чего может произойти взрыв и влияние повышенных температур, опасность поражения электрическим током.

5.1 Техногенная безопасность

Выявлен ряд вредных факторов производственной среды:

- воздействие вредных веществ (органических примесей);
- электромагнитное поле;
- повышенный уровень шума;
- неблагоприятные условия микроклимата рабочей зоны;
- недостаточная освещенность.

Воздействие вредных веществ (органических примесей)

Токсичность нефтепродуктов и выделяющихся из них газов определяется, главным образом, сочетанием углеводородов, входящих в их состав. Тяжелые бензины являются более токсичными по сравнению с легкими, а токсичность смеси углеводородов выше токсичности ее отдельных компонентов. Наиболее вредной для организма человека является комбинация углеводорода и сероводорода. В этом случае токсичность проявляется быстрее, чем при изолированном их действии. Все углеводороды влияют на сердечно-сосудистую систему и на показатели крови (снижение содержания гемоглобина и эритроцитов), также возможно поражение печени, нарушение деятельности эндокринных желез. Особенности воздействия паров нефти и ее продуктов связаны с ее составом.

Предельно допустимая концентрация минеральные масла (нефтяного и сланцевого) масла по СанПиН 1.2.2353-08 смотреть в таблице 20 [37].

Таблица 20 –Предельно допустимая концентрация веретенного масло

Наименование канцерогенного фактора	Среда регламентирования			
	ВРЗ ПДК, мг/м ³	АВ ПДК, мг/м ³	Вода ПДК, мг/л	Продукты питания ДУ
Минеральные масла (нефтяные и сланцевые) неочищенные и неполностью очищенные				
Масла минеральные нефтяные	5,0			
Масло минеральное нефтяное веретенное , машинное, цилиндрическое и др.		0,05 (ОБУВ)		

ВРЗ – воздух рабочей зоны; АВ - атмосферный воздух населенных мест, ОБУВ - ориентировочный безопасный уровень воздействия;

К работе с нефтепродуктами допускаются только лица, прошедшие соответствующее обучение, которые имеют медицинское свидетельство и допуск к работе в специальных условиях[37]..

Работники организации, которые могут быть подвергнуты воздействию производственного канцерогенного фактора в обязательном порядке информируются об опасности воздействия, а также обеспечиваются средствами индивидуальной и коллективной защиты и санитарно-бытовыми помещениям и в соответствии с требованиями действующего законодательства

Воздействия электромагнитного поля на организм человека.

Как известно, электромагнитные поля (ЭМП) мощностью сотые и даже тысячные доли Ватт промышленной частоты для работающего человека опасны тем, что интенсивность таких полей совпадает с интенсивностью излучений организма человека при обычном функционировании всех систем и органов в его теле. В результате такого взаимодействия собственное поле человека искажается, провоцируя развитие различных заболеваний, преимущественно в наиболее ослабленных звеньях организма.

Самым негативным фактором является то, что они имеют свойство накапливаться со временем в организме. Проблема заключается в том, что опасность невидима и неосвязаема, а проявляться начинает только в виде различных болезней.

Наиболее часто подвержены влиянию электромагнитных полей такие органы как: головной мозг, глаза, кровеносная система, иммунная и половая системы.

Предельно допустимые уровни постоянного электромагнитного поля

Оценка и нормирование ПМП осуществляется по уровню магнитного поля, в зависимости от времени его воздействия на работника за всю смену, а также для условий общего (на все тело) и локального (предплечье, кисти рук) воздействия таблица 21.

Таблица 21 – ПДУ постоянного магнитного поля [33]

Время воздействия за рабочий день, минуты	Условия воздействия			
	Общее		Локальное	
	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл
0-10	24	30	40	50
11-60	16	20	24	30
61-480	8	10	12	15

Предельно допустимые уровни напряженности электрического поля 50 Гц

При значениях напряженности в интервале больше 5 до 20 кВ/м допускается время пребывания в ЭП T(час), которое рассчитывается по формуле:

$$T = \left(\frac{50}{E} \right) - 2$$

где E- напряженность ЭП в контролируемой зоне, кВ/с

T - допустимое время пребывания в ЭП при соответствующем уровне напряженности, ч

Время пребывания персонала в течение рабочего дня в зонах с различной напряженностью ЭП ($T_{пр}$) вычисляют по формуле:

$$T_{пр} = 8 \cdot \left(\frac{t_{E1}}{T_{E1}} + \frac{t_{E2}}{T_{E2}} + \dots + \frac{t_{En}}{T_{En}} \right)$$

где $T_{пр}$ – приведенное эквивалентное по биологическому эффекту пребыванию в ЭП нижней границы нормируемой напряженности;

T_{E1} , t_{E2} , ... t_{En} - время пребывания в контролируемых зонах с напряженностью $E1$, $E2$, ... En , ч;

T_{E1} , T_{E2} , ... T_{En} - допустимое время пребывания для соответствующих контролируемых зон.

Приведенное время не должно превышать 8 ч.

Пребывание в ЭП с напряженностью более 25 кВ/м без применения средств защиты не допускается. СанПиН 2.2.4.1191-03

- защита расстоянием, т. е. создание зоны контролируемого доступа вокруг источника ЭМП, увеличение расстояния от источника ЭМП до защищаемых объектов и т. п.;

- защита временем, т. е. сокращение времени контакта с источниками ЭМП, что приводит к уменьшению энергетической экспозиции;

- применение технических средств коллективной и индивидуальной защиты экранирование, т. е. снижение интенсивности ЭМП за счет преломления, отражения или поглощения энергии падающего поля путем сооружения экранирующих конструкций и ношения специальной одежды.

Повышенный уровень шума и вибрации

Повышенный уровень шума как сочетание различных по уровню и частоте звуков. Как известно, шум является общебиологическим

раздражителем, который действует не только на слуховой аппарат, но также может вызвать расстройство сердечно - сосудистой и нервной систем, гипертонической болезни, а также расстройством работы пищеварительного тракта. Кроме перечисленных факторов, шум является одной из причин быстрого утомления работающего персонала, может вызвать головокружение, что в свою очередь может привести к несчастному случаю.

Вибрации повторяющиеся механические колебания упругих тел при низких частоты (3-100 Гц) с большими амплитудами (0,5- 0,003 мм).

Вибрации вызываемые оборудованием передаются через конструкции и пол человеку, тем самым вызывая общую вибрацию тела. Вредны колебания частотой (6-9 Гц), близкой к частоте колебаний человека, при таком воздействии возникает резонанс, который увеличивает колебания внутренних органов, что весьма вредно. Воздействие вибрации вызывает вибрационную болезнь (неврит) с потерей трудоспособности, приводящей к инвалидности.

Допускаемые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах следует принимать:

для широкополосного постоянного и непостоянного (кроме импульсного) шума - по таблице;

для тонального и импульсного шума - на 5 дБ меньше значений, указанных в таблице;

Превышение одного из показателей на соответствие допустимым уровням должна проводиться одновременно по эквивалентному и максимальному уровням звука. [41]

Средства защиты от шума и вибрации:

- а) звукоизолирующие экраны
- б) установка в помещениях на пути распространения шума звукопоглощающих конструкций и экранов;

в) звукоизоляцией ограждающих конструкций, уплотнением притворов окон, дверей, ворот и т.п., устройством звукоизолированных кабин для персонала; укрытием источников шума в кожухи;

г) противозумные наушники, закрывающие ушную раковину снаружи.

Неблагоприятные условия микроклимата рабочей зоны

Климат внутренней среды помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающей поверхности называется микроклиматом производственных помещений.

В производственных помещениях и рабочей зоне, независимо от природных метеорологических условий, должны быть созданы климатические условия, безопасные для человека и благоприятные для выполнения работы.

Микроклиматические условия на рабочих местах должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 22.

Таблица 22 – Оптимальные значения параметров микроклимата

Период года	Категория работ (по уровню энергозатрат, Вт)	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	IIa (175.. 232)	19.. 21	18.. 22	0,2
Теплый	IIa (175.. 232)	20.. 22	19.. 23	0,2

В холодный период в рабочем помещении температура воздуха поддерживается отоплением, тогда как в теплый период вентиляцией.

Недостаточная освещенность

Плохое освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, определяет его зрительную работоспособность, негативное влияет на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы, возникающей в результате прилагаемых усилий для опознания четких или сомнительных сигналов.

Всем известно что свет, помимо обеспечения зрительного восприятия, также воздействует на нервную оптико-вегетативную систему, также как и на систему формирования иммунной защиты, рост и развитие организма и влияет на многие процессы жизнедеятельности. Регулирует обмен веществ и устойчивость к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды.

Следует отметить, что помимо уровня освещенности, такие аспекты как качество освещения играют роль в предотвращении несчастных случаев. Важно упомянуть, что неравномерное освещение может создавать проблемы адаптации, снижая видимость. Работая при освещении плохого качества или низких уровней, люди могут ощущать усталость глаз и переутомление, что приводит к снижению работоспособности. Во многих случаях это может привести к головным болям.

Для производственных помещений при установлении нормированных значений КЕО в соответствии с п. 6.3 настоящих норм следует:

а) освещенность от системы общего искусственного либо комбинированного освещения повышать на одну ступень по шкале освещенности (кроме таких разрядов как: Iб, Iв, IIб), если повышение освещенности не предусматривается в соответствии с п. 7.5 настоящих норм. Освещенность от системы общего освещения должна составлять не менее 200 лк при разрядных лампах и 100 лк при лампах накаливания. Создавать освещенность более 750 лк при разрядных лампах и 300 лк при лампах накаливания допускается только при наличии обоснований;

б) освещенность от светильников общего освещения в системе комбинированного повышать на одну ступень по шкале освещенности, кроме разрядов Ia, Ib, IIa;

в) коэффициент пульсации $K_{п}$ для I—III разрядов не должен превышать 10 %.

Искусственное освещение при совмещенном освещении помещений следует проектировать также в соответствии с разд. 7 настоящих норм [34].

5.2 Анализ опасных факторов производственной среды

К опасным факторам относятся:

- источник термической опасности
- электрический ток
- статическое электричество

Источник термической опасности

Термические опасности могут приводить к:

- ожогам и ошпариванию из-за соприкосновения с предметами или материалами, имеющими чрезвычайно высокую или низкую температуру, вызванную, например, пламенем или взрывом, а также излучением источников тепла;

- ущерб здоровью из-за воздействия высокой или низкой температуры окружающей производственной среды;

Электрический ток

Опасность поражения работающего персонала электрическим током появляется при несоблюдении мер безопасности, а также при отказе либо неисправности оборудования.

Поражение электрическим током по сравнению с другими видами производственного травматизма составляет небольшой процент, но по числу травм с тяжелым или летальным исходом занимает место первых рядов, из-за несоблюдения правил электробезопасности происходит 75% электропоражений.

Своеобразный характер носит действие электрического тока на живую ткань, проходя через организм человека, электрические токи производят электролитические, биологические, термические, механические, а также световое воздействие.

Электролитические воздействия тока заключаются в разложении органической жидкости также как и крови, и нарушении ее физико-химического состава. Биологические действия проявляется в возбуждении живых тканей и сопровождается судорожными сокращениями мышц. Термические воздействия тока характеризуется нагревом тканей и кожи до высокой температуры вплоть до ожогов. Механические воздействие тока приводит к расслоению, разрыву тканей организма как результат электродинамического эффекта, а также взрывоподобного образования пара из тканевой жидкости и крови. Такое действие связано с сильным сокращением мышц вплоть до их разрыва. Световое действие приводит к поражению слизистых оболочек глаз.

Наличие металлических конструкций, заземлений, влияний окружающей среды (температуры и влажности воздуха) и других факторов оказывают дополнительные влияния на электробезопасность. Степень поражения электрическим током зачастую зависит от плотности и площади контакта человека с токоведущими частями [36].

При нормальных условиях работы установок безопасность эксплуатации обеспечивается защитными мерами:

- недоступностью токоведущих частей;
- применением изоляции;
- изоляция электрических частей от земли;

- защитным заземлением нетоковедущих элементов установки;
- диэлектрические перчатки и коврики ;

Лаборатория №11 относится к помещениям без повышенной опасности, доступа к токоведущим частям на рабочем месте не имеется.

Статическое электричество

По сей день влияние статического электричества на здоровье человека не изучено в полной мере. Однако, на основе уже проведенных исследований можно классифицировать негативное, в какой-то мере опасное воздействие на организм человека в случае длительного нахождения в поле статического заряда.

- функциональные нарушения центральной нервной системы, повышение артериального давления.
- раздражительность, а также чрезмерная эмоциональность
- частые головные боли
- нарушения сна.

Работа с наэлектризованными материалами часто приводит к тому, что заряды статического электричества накапливаются на теле человека. Ткани человека имеют высокое поверхностное сопротивление, что в итоге затрудняет отеканию зарядов и человек прибывает длительное время под большим потенциалом [39].

Опасным фактором является то, что при электризации различных материалов возможно возникновение искрового разряда.

Для предотвращения образования статического электричества на металлических конструкциях, расположенных на расстоянии менее чем 10 см параллельно друг от друга применяются замкнутые контуры, создаваемые с помощью устанавливаемых между ними металлических заземленных перемычек через каждые 20 м.

Применяются индивидуальные средства защиты в виде антиэлектростатических халатов и обуви из электропроводной резины.

Также для защиты человека от статического электричества применяют заземленные площадки и электропроводящие полы.

5.3 Экологическая безопасность

Горючий сланец — полезное ископаемое из группы твёрдых каустобиолитов, дающее при сухой перегонке значительное количество смолы (близкой по составу к нефти), горючий сланец состоит из преобладающих минеральных (кальциты, доломит, полевые шпаты, кварц, пирит и др.) и органических частей, составляющих 10-30% от массы породы.

Горючие сланцы являются экологически чистыми продуктами, которые не оказывают опасного влияния на окружающую среду. По ходу испытательных работ никакого воздействия на атмосферу и гидросферу оказано не будет, так как не рассматриваем процесс конверсии.

5.4 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

Расположение и компоновка рабочего места

Расположение и компоновка рабочей зоны лаборатории №11.

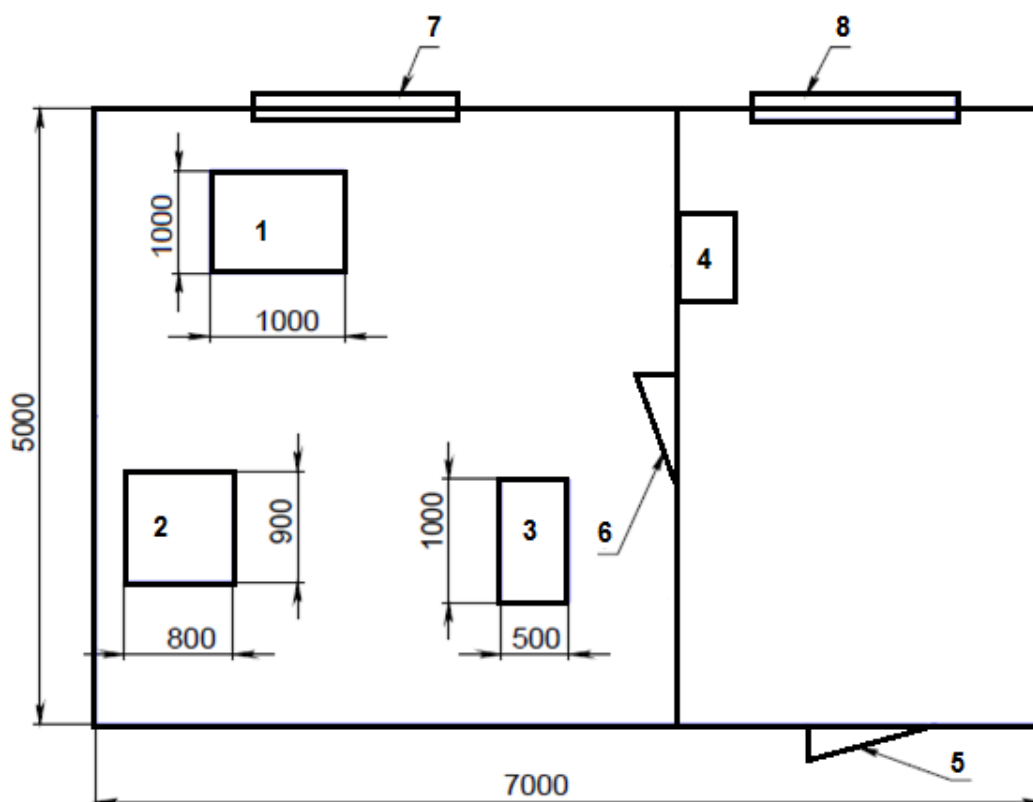


Рисунок 37 – Компоновка рабочей зоны лаборатории №11

На рисунке 37 выделены следующие обозначения:

- 1 – испытательная камера (10 атм);
- 2 – трансформатор ИОМ-100
- 3 – испытательная камера (5 атм);
- 4 – пульт;
- 5,6 – двери;
- 7,8 – окна.

Согласно ГОСТ 23000-78 конструкция рабочего места места(сидячее) и взаимное расположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям.

Расположение средств отображения информации и органов управления на панелях пульта следует читать следующие основные факторы.

- приоритет;
- группировки в логические блоки;
- взаимосвязь между органами управления и средствами отображения информации;

- все элементы электрической схемы должны быть в разомкнутом состоянии;

- работа осуществляется на металлической поверхности, для исключения возникновения пожара;

- после работы снимается остаточный заряд с конденсаторов;

- работа ведется в спецодежде (хлопчатобумажный халат);

5.5 Особенности законодательного регулирования проектных решений

В лаборатории не используется труд несовершеннолетних лиц. Рабочие места с вредными и (или) опасными условиями труда отсутствуют. Привлечение трудящихся к работам в ночное время не производится. Практикуется применение спецодежды и СИЗ. Спецпитание и особое лечебно-профилактическое обслуживание отсутствует. Особенности обязательного социального страхования и пенсионного обслуживания стандартные.

5.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Из всевозможных ЧС наиболее вероятным является возникновение пожара и взрыва. Пожар может произойти вследствие проблем с изоляцией, в то время как взрыв может произойти вследствие неправильной работы конденсаторов, содержащей взрывоопасные вещества.

Помещение лаборатории имеет категорию Г [Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"]. Помещение лаборатории имеет «Знак зоны-1» и «Зона класса В-Ia» класса зоны по ПУЭ [Классификация и маркировка взрывозащищенного электрооборудования по ГОСТ 12 2020-76].[38]

В целях обеспечения безопасности рабочего персонала в случае возникновения пожара применяют следующие шаги:

- проверяют на предмет знаний пожарной безопасности;
- выполняют работы в соответствии с правилами;
- выполняется плановый осмотр установок;

В ходе планового осмотра установка устойчива в случае возникновения пожара, все токоведущие части надежно изолированы.

В том случае, если возникнет пожар, персонал будет действовать согласно следующим пунктам:

- Сообщит о пожаре по телефону 01 в пожарную охрану;
- Отключит все электроустановки;
- Закроют окна и двери, чтобы убрать сквозняк и доступ кислорода для горения;
- Организуют эвакуацию из лаборатории и параллельно приступят к ликвидации очага пожара первичными средствами пожаротушения (огнетушитель ОУ-5-ВСЕ, пожарный рукав) При невозможности – покинут опасную зону.

Вывод по главе

В ходе выполнения раздела социальной ответственности были выявлены основные неблагоприятные производственные факторы, такие как: повышенный уровень шума, недостаточной освещенности, электромагнитные излучения, неблагоприятные условия микроклимата. А также способы по борьбе с ними.

Также определены опасные факторы, к которым относятся электрический ток и статическое электричество. Приняты меры по предотвращению их возникновения.

Так как горючие сланцы являются экологически чистыми продуктами, которые не оказывают опасного влияния на окружающую среду и по ходу испытательных работ никакого воздействия на атмосферу и гидросферу оказано не будет. В ходе планового осмотра установка устойчива в случае возникновения пожара, все токоведущие части надежно изолированы. Однако не исключаем возможность непредвиденных обстоятельств, в случае которых следует не забывать о правилах безопасности.

Заключение

Горючий сланец состоит из органической части керогена на 10-70% и минеральной части: глинозем, пирит, слюды/гидрослюды карбонаты. Неорганическая часть сланцев разнообразна и меняет электрофизические свойства в широком диапазоне. К прочему является слабопроводящим. Поэтому идеализированный математический расчет и процесс, которыми описывают тепловой пробой к нему не применимы. Процессы происходящие при триинге весьма разнообразны, поэтому рассматриваются для каждого случая индивидуально. Из-за сложности состава и особенностей каждой компоненты, которые принимают различный характер поведения при приложении напряжения, наблюдать чисто тепловой или триинговый пробой практически невозможно. Таким образом, в качестве основных критериев определения механизма пробоя наиболее достоверно использовать динамику проводимости и температуры при медленно возрастающим напряжении. Исходя из экспериментальных данных можно сделать вывод о том что возможны тепловой и триинговый пробой, опять же в зависимости от образца, от расстояния между электродами и условий эксперимента .

В научно-исследовательской работе наблюдался классический тепловой пробой и пробой сопровождаемый триингом. Чисто тепловой пробой наблюдался на рисунке 31 , на котором отчетлива видна экспоненциальная зависимость температуры и проводимости от времени.

Пробой сопровождаемый общей деградацией материала представленный на рисунке проводимость образца меняется по сложной функции с наличием экстремумов. Непосредственно пробой происходит при температурах существенно меньших максимальной температуры достигаемой в эксперименте. При этом наблюдается гораздо более резкий рост проводимости при пробое.

При больших расстояниях представляющих промышленный интерес тепловой пробой не целесообразен.

В горючих сланцах процесс деградации происходит по другим закономерностям нежели в изоляционных материалах. При изготовлении изоляционных материалов стараются использовать чистые материалы, имеющие высокую электрическую прочность и практически не обладающие проводимостью. Горючие сланцы гетерогенный, проводящий материал в состав которых входят диэлектрики и проводники а также материалы с промежуточными характеристиками.

Список использованных источников

- 1 Горелов В.П., Иванов М.Н. Технология конструкционных электротехнических материалов: учебное пособие. В 2-х кн. : кн. I / - 3-е изд. - М.-Берлин: Директор - Медиа, 2015.-354с.
- 2 Франц В. Пробой диэлектриков. Издательство иностранной литературы. - Москва:,1961.-205 с.
- 3 Койков С.Н., Цикин А.Н.Физика диэлектриков.// Под.ред. Филиппова К.В. Издательство академии наук СССР. М.,1960. - 532 с.
- 4 Долгинов.А.И. Техника высоких напряжений в электроэнергетике, М., "Энергия",1968. - 464 с.
- 5 Сканави Г.И. Физика диэлектриков (область сильных полей), М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1958. - 909 с.
- 6 Александров Г.Н. ,Иванов В.Л., Кадомская К.П., Козырев Н.А., Костенко М.В., Кучинский Г.С., Половой И.Ф., Рябов Б.М., Хоберг В.А. Техника высоких напряжений.// Под ред.Костенко М.В. Учебное пособие для вузов. М., "Высшая школа",1973. - 528 с.
- 7 Dissado L.A., Fothergill J.C. Electrical degradation and breakdown in polymers. – London: Peter Peregrinus Ltd., 1992. - 601 p.
- 8 Dodd S.J., Chalashkanov N.M., Fothergill J.C. Partial Discharge Patterns in Conducting and Non-Conducting Electrical Trees // 2010 IEEE International Conference on Solid Dielectrics. – 2010. - №1,-P. 1-4.
- 9 Chen G., Tham C. H. Electrical Treeing Characteristics in XLPE Power Cable Insulation in Frequency Range between 20 and 500 Hz // IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. - 2009. -Vol.16. - №1. P. 179-188.
- 10 Champion J.V., Dodd S.J. An approach to the modelling of partial discharges in electrical trees // J. Phys. D: Appl. Phys. – 1998. №31. - P.2305-2314.
- 11 Шувалов М.Ю., Образцов Ю.В., Овсиенко В.Л., Удовицкий П.Ю., Мнека А.С. Развитие водных триингов в экструдированной

кабельной изоляции как электрический эффект Ребиндера. Часть 1 // Наука и техника. - 2006. - №4 - С.14-19.

12 Holto J. Electrical Tree Growth in Extruded s-Polypropylene // 2010 IEEE International Conference on Solid Dielectrics. - 2010.№1, - P.1-4.

13 X.R. Chen, Y. Xu, J. Xu, W. Shi, W.H. Yang, Y. Liu and X. L. Cao, “Propagation and partial discharge characteristics of electrical trees in 110 kV XLPE cable insulation at power frequency applied voltage”, High Voltage Engineering,- Vol. 36, - P. 2436-2443, 2010 (In Chinese).

14 X.Q. Zheng and G. Chen, “Propagation mechanism of electrical Tree in XLPE cable insulation by investigating a double electrical tree structure”, IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul., - Vol.15,№1.- P.800-807, 2008.

15 A.S. Xie, X.Q. Zheng, S.T. Li and G. Chen, “Investigation of electrical trees in the inner layer of XLPE cable insulation using computer-aided image recording monitoring”, IEEE Trans. Dielectr.Electr. Insul., - Vol.17,-№1. -P. 685-693, 2010.

16 Кучинский Г. С. Частичные разряды в высоковольтных конструкциях. – Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1979.- 224 с., ил.

17 Шваба А. Измерения на высоком напряжении: Измерительные приборы и способы измерения. - 2-е изд. перераб. идоп. Пер. снем. -М.: Энергоатомиздат, 1983. - 264с., ил.

18 Русов В.А. Измерение частичных разрядов в изоляции высоковольтного оборудования. – Екатеринбург: Издательство УрГУПС, 2011. - 368 с.

19 Bergius O. Implementation of on-line partial discharge measurements in medium voltage cable network // Master of Science Thesis, Tampere university of technology. - 2011. - P. 84.

20 Кустов А. Существует ли в России диагностика силовых кабельных линий и электрооборудования... и зачем она нужна // Энергетика и промышленность России. – 2006. - №8. - 72с.

21 Канискин В. А., Коцур С. А., Привалов И. Н. Кабели 10 кВ с бумажно-пропитанной изоляцией. Неразрушающий метод диагностики // Новости электротехники. - 2005. - №5.- 53с.

22 Turner M.G., Dr. E. Gulski Pattern recognition for partial discharge measurement // Tettex Instruments Division. Haefely Test AG, Dietikon, Switzerland. January 2010.- P.54

23 Montanari G.C., Cavallini A. Partial Discharge Diagnostics: From Apparatus Monitoring to Smart Grid Assessment // IEEE Electrical Insulation Magazine. -2013.-Vol.29, № 3. - P.8-17.

24 International standard IEC 60270:2000(E) Third edition 2000-12 High-voltage test techniques – Partial discharge measurements.

25 Автотрансформатор [Электронный ресурс]. - URL: <http://electra-hvac.ru/rashifrovka-rot.html> (Дата обращения: 13.04.2017).

26. Трансформаторы [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.esteh.ru/catalog-3-40.html> (Дата обращения: 13.04.2017).

27. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений "Методы менеджмента качества" №1, 2003. - 212с.

28. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Функционально-стоимостный анализ. Экскурс в историю. "Методы менеджмента качества" №7, 2002. – 235с.

29. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.

30. Абрютин М.С. Анализ финансово-экономической деятельности предприятия учеб. - практ. Пособие. - М.: Дело и сервис 2000. - 256 с.

31. Анализ финансовой отчетности учеб. пособие для вузов под ред. О.В. Ефимовой. - М.: Омега-Л, 2006. - 449 с.

32. Арутюнов Ю.А., Финансовый менеджмент: теория и практика М.: Проспект 2008. - 1024 с.

33. Панин В.Ф., Сечин А.И., Федосова В.Д. Экология для инженера // под ред. проф. В.Ф. Панина. - М.: Изд. Дом «Ноосфера», 2000. - 284 с

34. СанПиН 1.2.2353-08 «Канцерогенные факторы и основные требования к профилактике канцерогенной опасности».

35. Давыдов, Борис Ильич. Биологическое действие, нормирование и защита от электромагнитных излучений / Б. И. Давыдов, В. С. Тихончук, В. В. Антипов. - Москва: Энергоатомиздат, 1984. –177 с.

36. Грачёв, Николай Николаевич. Защита человека от опасных излучений / Н. Н. Грачёв, Л. О. Мырова. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. - 317 с.: ил. - Библиогр.: С. 316-317.

37. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.4.1191-03 "Электромагнитные поля в производственных условиях"

38. Жуков, Виктор Ильич. Защита и безопасность в чрезвычайных ситуациях : учебное пособие / В. И. Жуков, Л. Н. Горбунова; Сибирский федеральный университет (СФУ). - Москва; Красноярск: Инфра-М Изд-во СФУ, 2014. - 392 с.: ил. - Высшее образование. Бакалавриат. - Библиогр.: с. 384-387.

39. ГОСТ 12.1.003–83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

40. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

41. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.

42. ГОСТ 12.1.038 – 82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

43. ГОСТ 12.1.030 -81. Защитное заземление, зануление.

44. ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.

45. ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

46. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 13.07.2015) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"/

47. Максименко, Георгий Тарасович. Техника безопасности при применении пожароопасных, взрывоопасных и токсичных материалов / Г.

Т. Максименко, В. М. Покровский. - 3-е изд., перераб. и доп. - Киев: Будівельник, 1987. - 150 с.: ил.: 22 см. - Библиогр.: с. 148 (27 назв.).

48. Техника безопасности в электроэнергетических установках : справочное пособие / под ред. П. А. Долина. - Москва: Энергоатомиздат, 1987. - 400 с.

**Приложение А.
(Обязательное)**

**Research of the partial discharges and Joule heat influence on the solid
fossil fuels breakdown characteristics**

(Chapter 1)
Electrical treeing
PD characteristics measurement

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ТМ61	Калыкова Эльмира Канатовна		

Консультант - лингвист кафедры ИЯ ФТИ:

Должность	Ф.И.О.	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Квашнина О.С			

Introduction

The existing data on the characteristics and physical properties of the partial discharges in solid fuels are very scarce due to the specific use of PD for the conversion of subterranean formations containing organic components. However, the study of the partial discharges characteristics, possibly, will allow the creation of a brand new, technically more effective method for solid fuels development.

The objective of the research is to study the characteristics of the solid fossil fuels breakdown under the influence of Joule heat and partial discharges. Partial discharges are the initiating factor in the heating of fossil fuels and their further conversion.

A 1 Electrical treeing

Treeing – a tree structure – is formed in the cavity of an insulating material. Partial discharges develop in the treeing branches. Under the influence of an electric field and discharges, treeings increase in size and quantity, thereby increasing the degree of material degradation. Dendrites are characterized by increased conductivity and lead to progressive destruction of the dielectric.

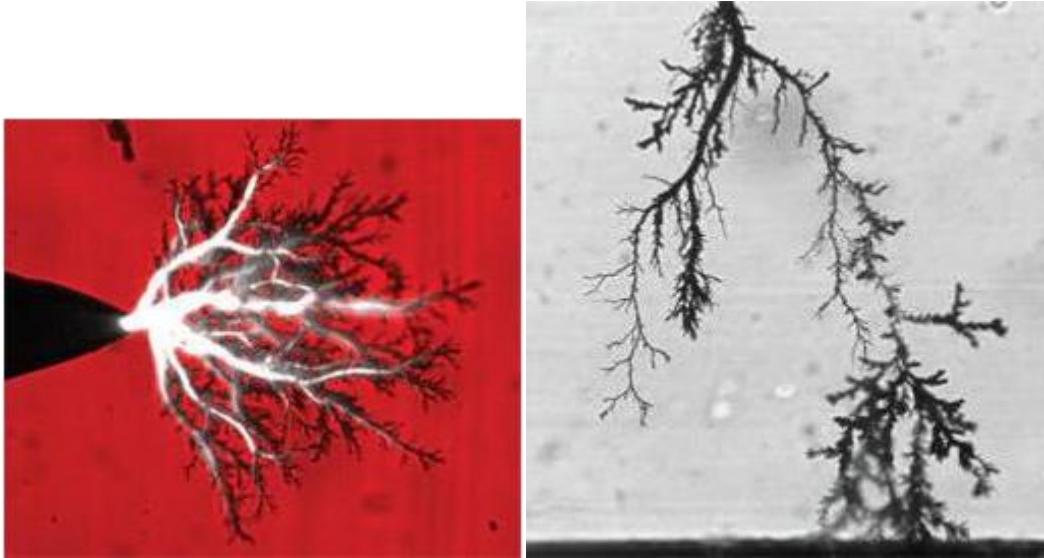
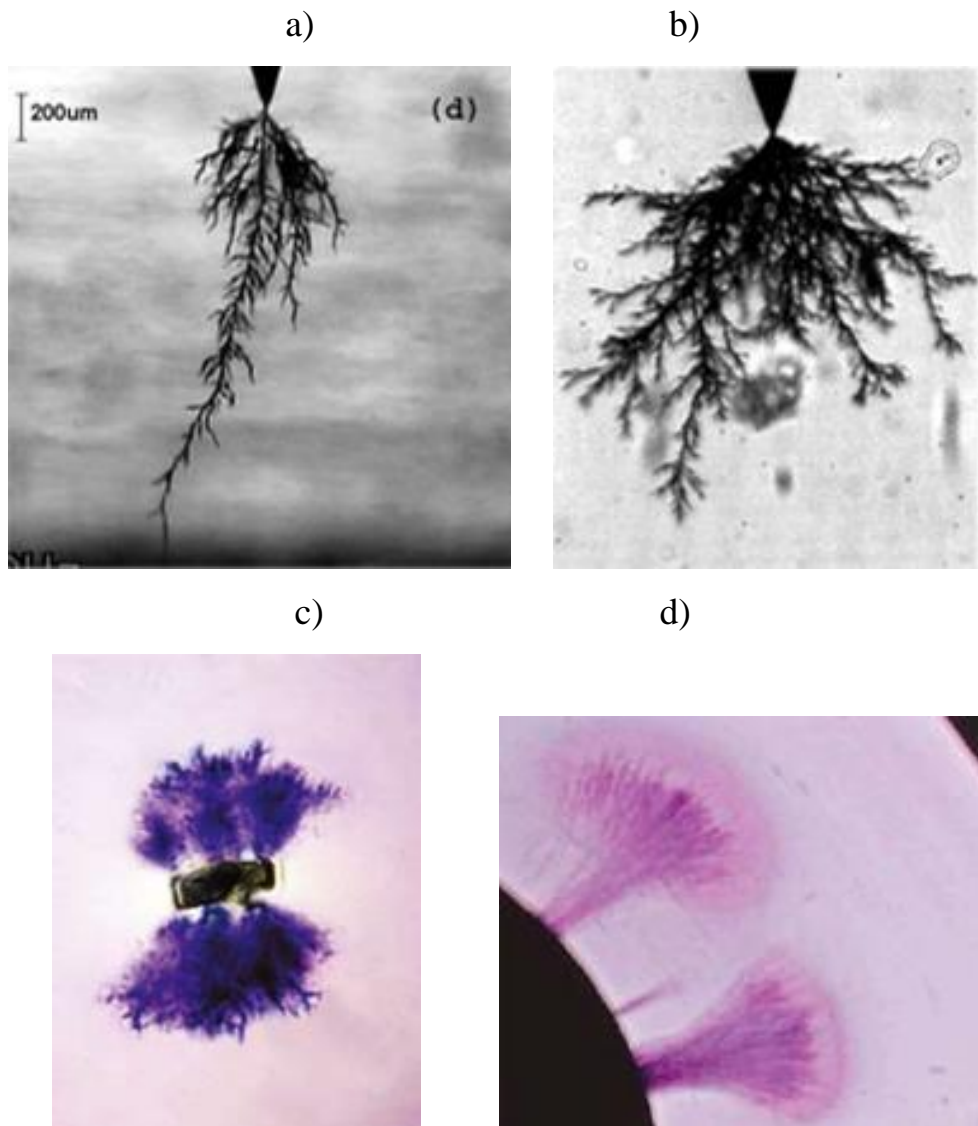


Figure 9 - Electrical treeing

To create a partial discharge in a gaseous medium, a voltage lower than that for the same effect in a liquid or solid dielectric is required; the presence of such defects in insulation can become the most likely cause of material destruction. This occurs as a result of the fact that in the cavity filled with gas the electric field strength is higher.

Electric triages are formed under the action of alternating and pulsed voltage, as well as at its very high values. During the operation of equipment, these values do not cause immediate breakdown of insulation, but can provoke ionization of the gas in in homogeneities. If the structure of the material does not have sufficiently large cavities, dendrites can develop for a relatively long time.

In organic materials, the accumulation of destruction from partial discharges leads to treeing, the growth of the tree structure [1,2]. The presence of a tree-like discharge structure further distorts the electric field. There are many varieties of triages in Fig. 10 [3-6], of which the most prominent are: tree-like, bush-shaped and bow. The remaining species are derived from the basic species.



a - tree-like, b - bushy, c - bow, d - fan.

Figure 10 - Varieties of dendrites

The field distortion mechanism depends on the conductivity of the discharge structure. Whereas the conductive dendrite is a macro-cavity filled

with gas and the effect on the field is exerted by the permittivity as well as the extent and state of the surface structure.

Even if the breakdown of the inter electrode space in Fig. 11 (a) breakdown may not occur, until the material does not accumulate a certain amount of destruction. Figure 11 (b) [6]

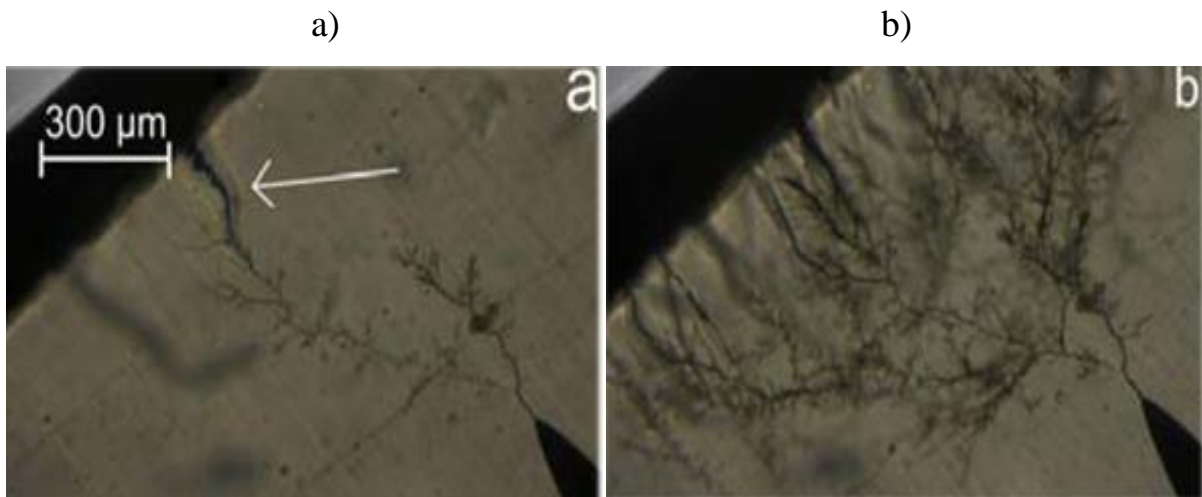


Figure 11- Non-conducting discharge structure

a - overlapping of the inter electrode space by a dendrite; b - breakdown

In the case of a conductive structure, the potential is transferred from the electrode into the inter electrode gap, the average tension and energy concentration are concentrated mainly at the dendrite tips (Fig. 5b) [6], and the breakdown is caused by the transition of the material to a conducting state.

The conductivity of the dendrite is due to the expression of the concentration carbon in its walls, i.e. carbonization. Carbonization occurs when the energy of discharges is sufficient to destroy the carbon-containing compounds and to form pure carbon.

However, in organic materials the non-conductive discharge structure turns into a conductive state under the influence of plasma discharges (Fig. 5a) with a high probability. Thus, due to partial discharges the actual average field strength increases in the carbonized dendrite, which leads to discharge activity growth and more severe material destruction.

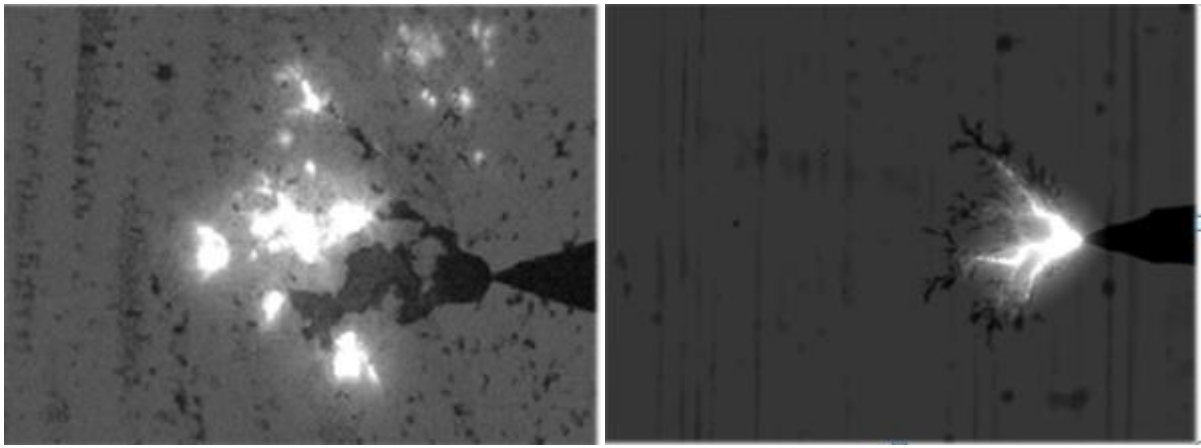


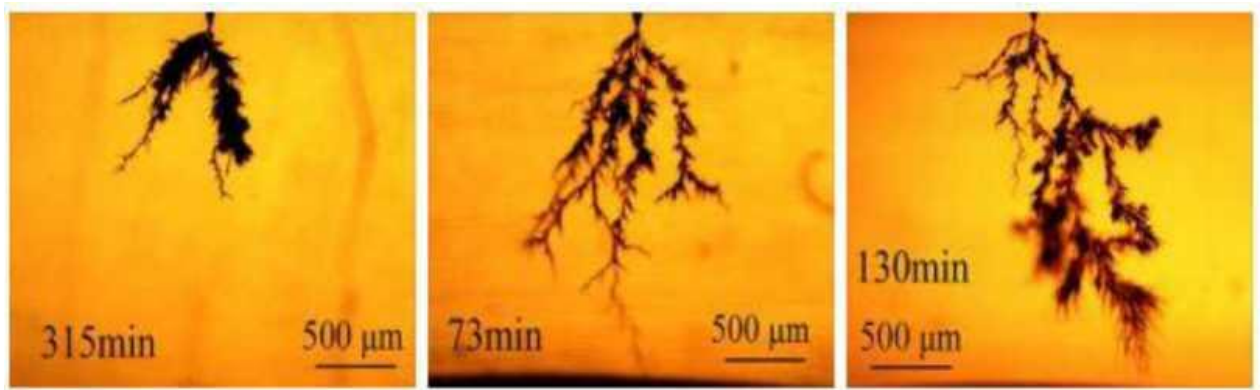
Figure 12 - PD in conductive (a) and non-conductive (b) discharge structures

In addition to various properties of microstructural components, macroprocesses influence the initiation and development of PD in solid fuels. When the stress is affected, the temperature of the rock is increased due to resistive and dielectric losses. The predominance of one or the other mechanism and the degree of heating depend on the conductivity and dielectric constant, which among other things depends to a considerable extent on the moisture content of a particular deposit. Heterogeneity in solid fuels is also present at the macro level, therefore, heating occurs unevenly. As the temperature increases, the conductivity increases locally and the dielectric constant decreases, when the temperature is reached, the conductivity decreases, as does the permittivity. As a result, the temperature gradient leads to a dynamic redistribution of the space charge, which has an additional effect on the initiation and development of the PD.

A 1.1 ELECTRICAL TREES IN SAMPLES AT 9 KV.

Figure 4 shows a typical set of electrical trees grown at the applied voltage of 9 kV. The electrical tree shapes could be divided into three distinct categories: stagnated tree (Figure 4a) [7] (that has apparently ceased growing), branch tree (Figure 4b), and ‘monkey-puzzle’ [4,3] or ‘branch-pine’ tree [8]

(Figure 4c) accounting for about 20%, 20%, and 60% respectively in the total number (twenty) of samples grown at 9 kV.



(a) Stagnated tree (b) branch tree (c) branch-pine tree

Figure 13 - The electrical tree shapes at 9 kV

The variation with time of the tree length, fractal dimension and PD characteristics of the stagnated tree are shown in Figure 5. Two distinct regions of tree growth can be observed in Figure 5a. In region A, the initial filamentary tree grows rapidly into a branch structure with an average tree growth rate of $13.5 \mu\text{m}/\text{min}$, while the fractal dimension of the tree increases with the time. This is followed by stagnated region B, where the propagation of the leading channel of the tree is stopped. In this region, micro-channels slowly extend to the sides of the main channels near the needle electrode, and the fractal dimension of the tree increases slightly.

The plots of the PD quantities in Figure 5b show the same general pattern of behavior. There are intensive discharges with magnitudes increasing up to 150 pC in region A of the tree growth. In region B of the tree propagation, the PD magnitudes decrease at first. Then, the discharge activity fluctuates with time, but the PD magnitudes remain at a low level of approximately 30 pC and occasionally below 10 pC for a short time

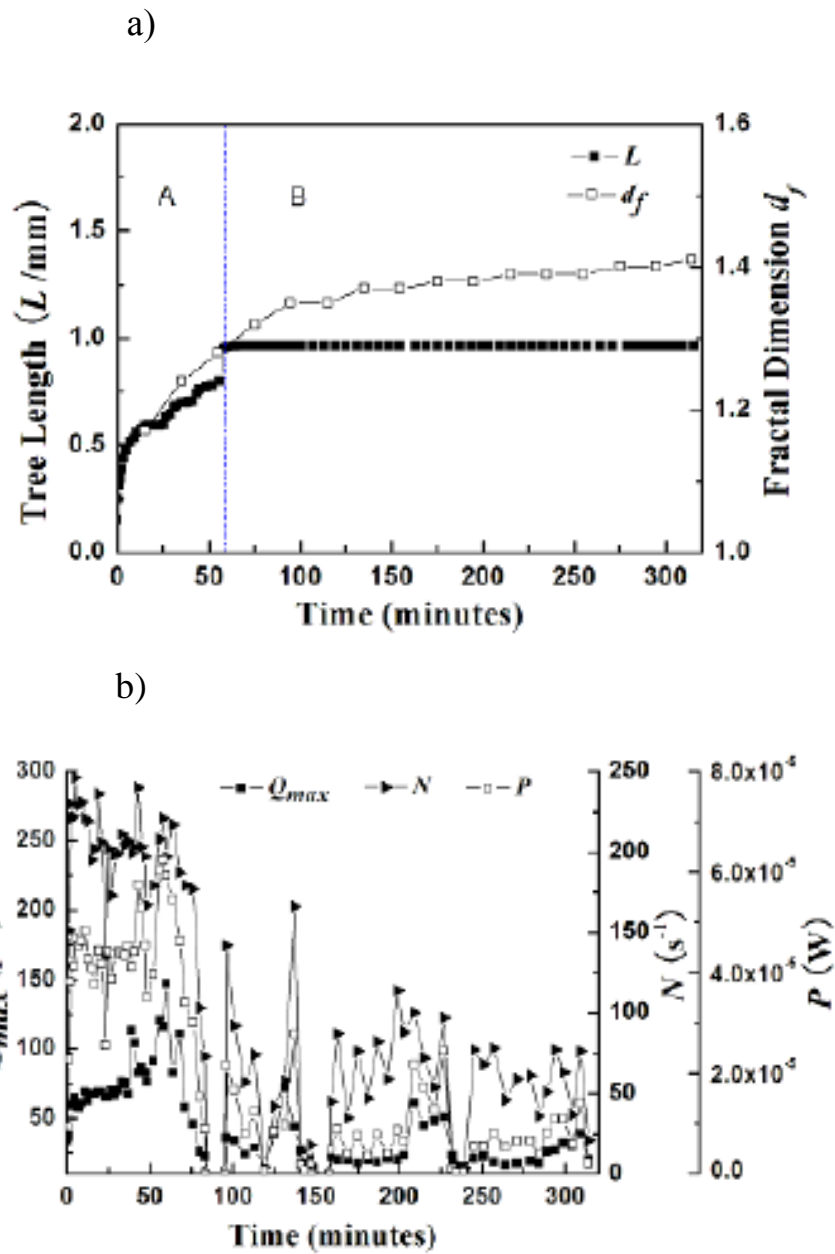


Figure 14 - Typical growth (a) and PD (b) characteristics of the stagnated tree.

Figure 6 shows the development of the tree length, fractal dimension and PD characteristics of a representative branch tree with time. There are three regions of tree growth. In region A, after the rapid growth up to 800 μm in the first 5 minutes, the speed of the tree propagation is decelerated with some micro-channels grown around the main channels. The fractal dimension of the tree is clearly increased in this period. In region B, there is no significant propagation from the leading branches, whereas the micro-channels grown around the main

channels become more intensive. The fractal dimension of the tree is slightly increased. Finally, in region C (the ‘runaway’ region [8,1]), the leading branch grows rapidly to the counter electrode in just 3.5 minutes. The PD quantities show a steady increase during all the three stages of tree growth.

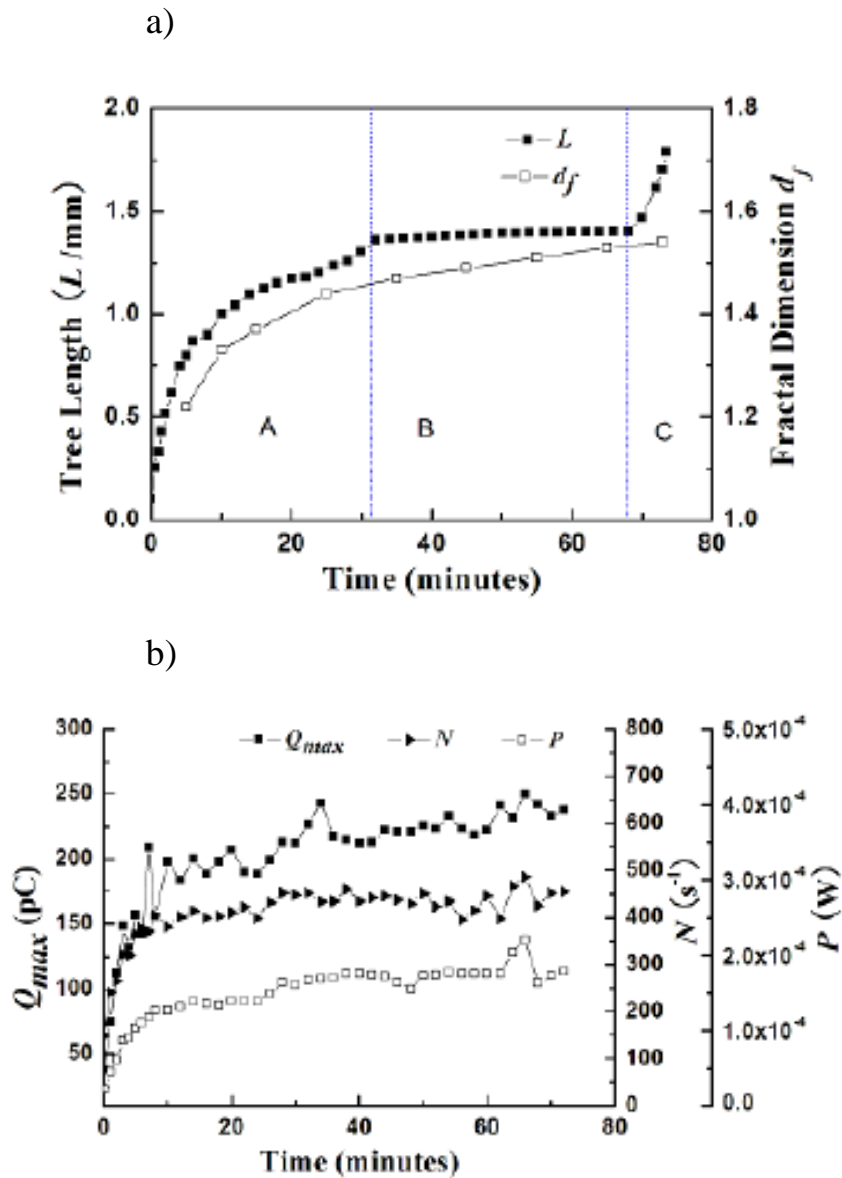


Figure 15 - Typical growth (a) and PD (b) characteristics of a branch tree.

The growth and PD characteristics for a representative branch-pine tree are shown in Figure 7. Trees of a similar shape are also reported by Zheng and Chen et al [8,3,9] at low frequencies i.e. $f \leq 100$ Hz. The three regions A, B and C are clearly defined by the growth curve (shown in Figure 7a). In region A, the initial tree extends rapidly with a branch structure in the first 7 minutes. The

average growth rate during this time is $80 \mu\text{m}/\text{min}$. Thereafter, the tree growth rate decelerates with some micro-channels appearing around the main channel. The PD activity during region A is intensive with discharge magnitude up to 143 pC. The A-B transition usually occurs at $900 \pm 100 \mu\text{m}$.

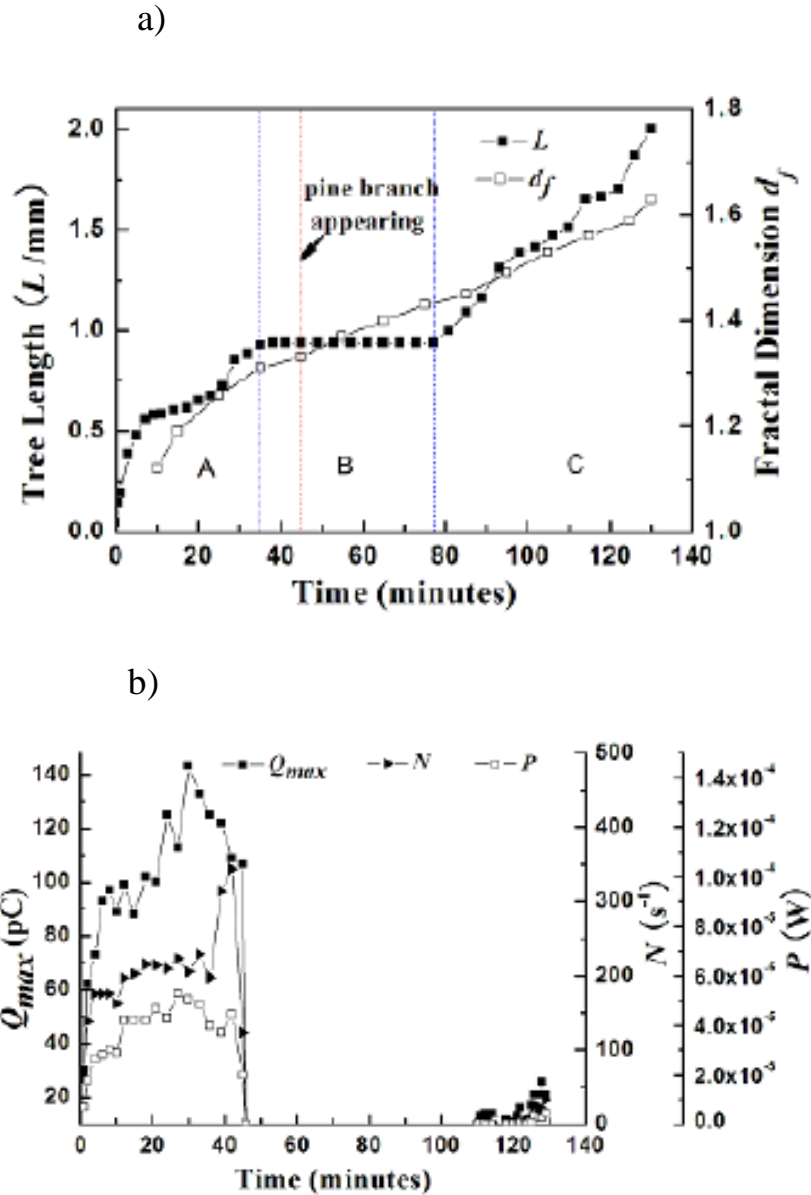


Figure 16 - Typical growth (a) and PD (b) characteristics of the branch-pine tree.

A 1.2 Measurement of characteristics of partial discharges.

There are two methods of PD measurement:

- non-electrical

- Optical
- Acoustic
- Chemical
- Thermal
- Electric
 - Indirect
 - Antennas
 - Registration of high-frequency current / voltage oscillations.

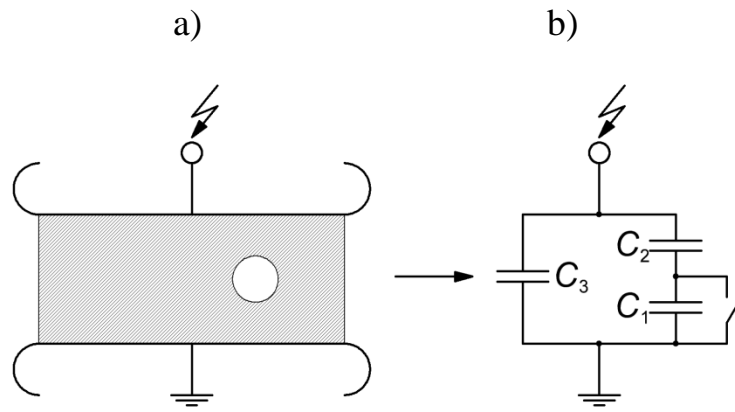
Non-electrical methods are often inapplicable. So fossil solid fuels are opaque to optical, and in connection with the structure, and ultrasonic radiation. When exposed to stress, the rock can be heated not only because of the PD, but because of the conductivity.

The chemical method is the most indirect and requires an inexpedient complication of analytical equipment. Indirect electrical methods have low accuracy, because the measured quantities are affected by a variety of processes. Measurements of PD characteristics using antennas are highly exposed to external conditions and in particular to electromagnetic conditions.

The most accurate and least indirect measurements of the characteristics of partial discharges can be carried out by recording the high-frequency current and / or voltage oscillations arising in the interelectrode gap due to the effect of the PD on the material.

The first method is not applicable, since it has a number of difficulties and inaccuracies. The most acceptable method is electrical, namely the registration of high-frequency current / voltage oscillations.

In the scientific research work, PD is understood as the ionization of air inclusions. The substitution scheme for the dielectric is shown in Figure 14 [10,11]



C1 - capacity of inclusion, C2 - capacitance of dielectric included in series with inclusion, C3 - capacitance of the main part of the dielectric.

Figure 17 - Elementary scheme of substitution of insulation with gas inclusion.

PD have a stochastic character and the following parameters :

- apparent charge of a single PD q_{pd}
- repetition rate n_{pd}
- average current I_{pd}
- average power P_{pd}
- energy of a single CR W_{pd}
- quadratic parameter of the PD D_{pd}

A charge that takes place during the breakdown of a single inclusion is called the apparent charge of the PD. It was named so because it is technically impossible to measure it. Since PDs have a stochastic character, the frequency of the pulse repetition of a PD is not measured in Hertz, they only show the number of discharges that occurred per second. The total charge of the pulses, referred to the time during which the charge occurs, is called the average current. The average power is the product of the average voltage on the average current of PD. While the energy of a single discharge is the product of the power (instantaneous) for the time of the discharge pulse.

The quadratic parameter is represented as the sum of the squares of charges that pass through the terminals of the test object as a result of partial discharges with a duration per second. Measuring the apparent bits and pulse repetition frequency is the most important data that will allow you to calculate the remaining parameters, based on voltage measurements and time characteristics of the pulses. Since, single PD pulses have low energy, they practically do not affect the material. Therefore, integral static data is obtained for the estimation of PD actions. The most commonly used criteria for estimating a PD are Q_{02} and PDI. Q_{02} and PDI are more informative and simple. Q_{02} (Q- maximum amplitude of the apparent discharge, 02 pulses during the current period of the industrial frequency). PDI (Partial Discharge Intensity) is the intensity of the PD, which is calculated as the product of the apparent discharge by the actual voltage. This approach has a high error (20%), but in practice this percentage is acceptable, if the measurement and impact and the effect of the PD on the material are simplified.

In industry, graphical interpretation is used to analyze the characteristics of PD. The most common distribution is PRP (Phase Resolved Partial Discharge) - ϕ -q-n diagram [12; 11-15], which is constructed either a two-dimensional ϕ -q with a mapping of n by means of saturation or color, or into a three-dimensional distribution. To reduce the likelihood of errors and errors, additional allocations are used, one of which is the Phase-Resolved Pulse Sequence (PRPS), which uses the phase reference, the amplitude of the current and previous pulse.

AQM (Amplitude Quantity Map) - amplitude distribution by number of digits;
TFM (TimeFrequencyMap) -distribution of the pulse time at the fundamental frequency, which is calculated from the front time;

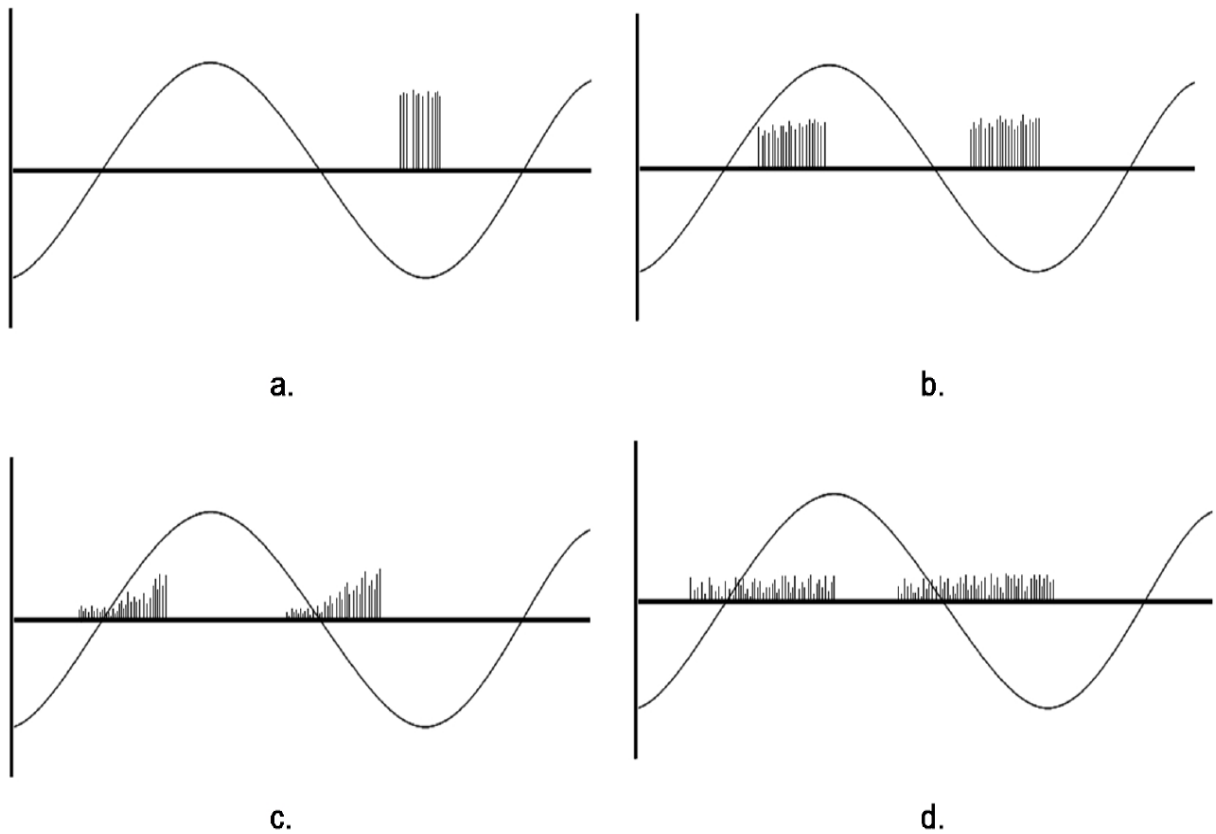


Figure 18 ϕ - q - n diagrams for different PDs a-corona discharge, b-internal discharges, c-surface discharge, d-electric triing.

The measurement of partial discharges from the point of view of the degradation of insulating materials in power high-voltage plants has the following features:

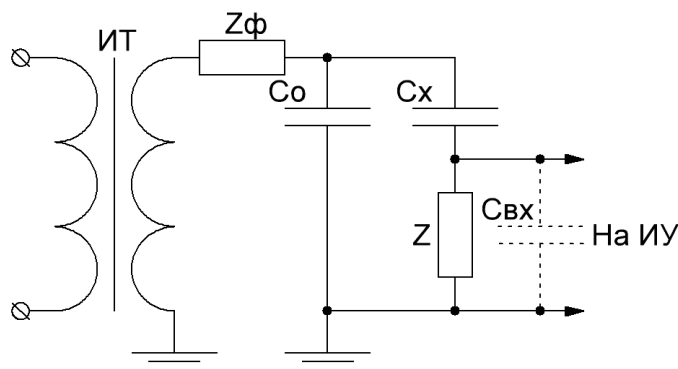
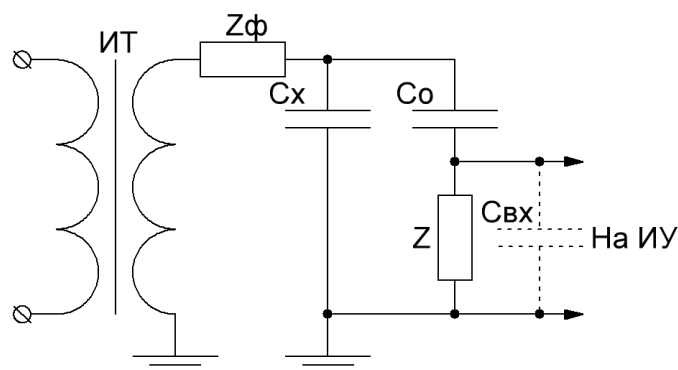
- the lack of requirements for the most accurate measurement of the pulse, because more important is the integral energy impact of the PD on the material; in addition, real installations consist of a number of nodes that have a large number of parameters, including parasitic ones, that affect the form of the signals displayed;
- the need to measure the characteristics of the PD directly in operation with the use of appropriate sensors, in most cases RFCT (Radio Frequency Current Transformer, radio frequency current transformers and Rogowski Belts) and CC (Coupling Capacitor, coupling capacitor) having their own amplitude-dependent AMF;

- PD measurement at specified threshold levels to assess insulation status and recommendations for the next diagnosis or replacement;
- presence of bases of reference data on characteristics of discharges in various materials used in industry;

Measurement of PD characteristics in order to study the specificity of initiation and development in a material requires the maximum possible elimination of signal distorting factors, sensitive and broadband measuring element, i.e. sensor, and registration circuit. The high reliability of the PD parameters in fossil solid fuels is especially important due to the very meager experimental data

To measure the PD parameters, the basic schemes shown in Fig. 16 [19; 10; 11] are used.

a)



b)

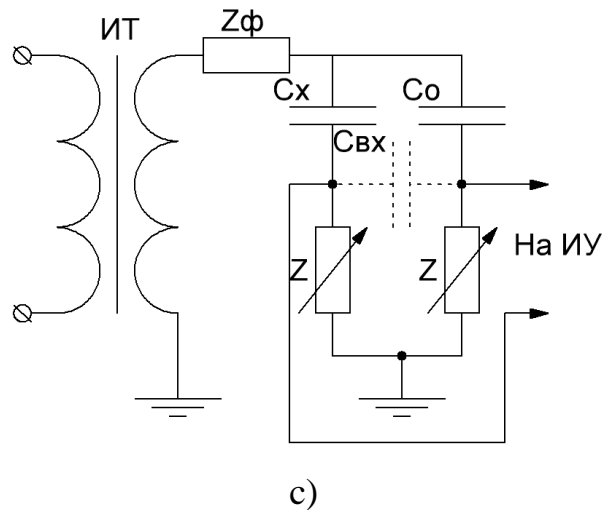


Figure 17. Schemes for measuring PD parameters.

a) a circuit for measuring the voltage across the sample, b) a circuit for measuring the current through the sample, c) a bridge circuit. Z_{ϕ} - filter impedance, ИТ- test transformer, C_x - test object, C_o - connecting capacitor, Z - measuring element, $C_{B,X}$ - input capacitance of the measuring device, ИУ - measuring device

Z_{ϕ} - filter impedance eliminates the effects of parasitic parameters and interference. C_o - is a coupling capacitor that shunts the supply circuit for pulsed partial discharge signals. The measuring element is a resistor or inductance. The measuring device is built from several counters.

The best noise immunity is provided by the bridge circuit, however, a very fine tuning is required. Due to the high sensitivity of the current circuit, it is preferable to use it as a measuring circuit [11]. The oscilloscope is used as a measuring device.

One of the most laborious works is the collection and analysis of data. To give a scientific theory of the results of measurements of the PD characteristics, a reliable assessment should be carried out in the materials manufactured serially and according to normative documentation. With the lack of complete data on PDs in solid fuels, given the complex structure and many other parameters, PD modeling is practically impossible. Therefore, in order to

maximize the bandwidth and reliability of the obtained data, we use a current circuit with an oscilloscope.

Conclusion:

In this chapter, the issues related to partial discharges were considered: PD formation nature, conditions of occurrence and their effect on dielectrics.

Partial discharges affect the dielectric due to the increased temperature, active radicals formation, and radiation. The intensity of PD directly depends on the electric field strength. PD action intensity increases over time, which soon leads to a gradual decomposition and growth of pressure in the pore, and appearance of carburization and the formation of dendrites.

As a result, an increase in the average field strength occurs in the carbonized dendrite due to partial discharges, which leads to an increase of discharge intensity and even greater destruction of the material.