

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

Институт Энергетический
Направление подготовки Электроэнергетика и электротехника
Кафедра Электротехнические комплексы и материалы

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование стойкости изоляции (оболочек) кабельных изделий к действию солнечного излучения

УДК 621.315.211.001-043.92:535.33-3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2В	Рыбаков Владимир Андреевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Леонов Андрей Петрович	к. т. н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Трофимова М.Н.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский А.Г.	к. т. н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электротехниче ские комплексы и материалы	Гарганеев Александр Георгиевич	д. т. н., профессор		

Томск 2016 г.

Оглавление

Введение 4

1. Литературный обзор	6
1.1 Действие солнечного излучения на полимерные электроизоляционные материалы	6
1.2 Электроизоляционные материалы, применяемые при производстве низковольтных силовых кабелей	8
1.3 Методика оценки стойкости изоляции и оболочки кабельных изделий против действия солнечного излучения	16
1.4 Выводы и постановка задач на исследование	18
2 Методическая часть	19
2. 1 Подготовка образцов	19
2.2 Методика определения предела прочности и относительного удлинения при разрыве	21
3 Экспериментальная часть	22
3.1 Объект исследования	22
3. 2 Определение стойкости изделий к действию солнечного излучения стандартным методом	28
3.3 Определение влияния солнечного излучения на физико-механические свойства оболочки кабельных изделий	30
3. 4 Оценка погрешности результатов испытаний	35
3. 5 Обсуждение результатов эксперимента	36
4 Заключение	39
Список использованной литературы	40

Приложение А1 – Результаты испытания образцов кабеля марки Hold Cab
EPR LV HF(AF) 4x2,5ок(N)-1 ————— 42

Таблица А2 – Результаты испытания образцов кабеля марки Hold Cab EPR
LV TSF(C) 4x25мк(N)-1————— 43

Таблица А3 – Результаты испытания образцов кабеля марки Hold Cab EPR
LV TSF(C) 3x2,5мк(N)-1 ————— 45

Таблица А4 – Результаты испытания образцов кабеля марки Hold Cab EPR
LV P(C) 4x2,5ок(N)-1 ————— 47

Социальная ответственность при исследовании стойкости изоляции
(оболочек) кабельных изделий к действию
солнечного излучения» —————48

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и
ресурсосбережение —————68

Введение

Тема разного рода старения полимеров стала актуальна немногим позже появления первых готовых к эксплуатации изделий из них в XIX веке, когда начали изготавливать первые резиновые шары для гольфа, а следом и другие изделия. Тогда же и догадались, что каучук, полученный из гуттаперчевого дерева можно сшивать, иным словом, вулканизовать.

В течение первого столетия своей истории, исследования и производство полимерных материалов развивались стремительно. В основном за счет многообразия возможных форм и размеров изделий, а также сфер практического, а главное – практичного, применения полимерных материалов, заменивших очень многие устаревшие материалы.

Старение полимерных материалов может в общем случае иметь разную причину: свет, рассеянный или прямой; атмосфера, кислород, озон; температура, повышенная, пониженная, перепад температур; ионизирующее облучение; влага, ионизированная, нейтральная; нагрузки, давление, истирание, статические и переменные; химически активные среды; микроорганизмы; электрическая нагрузка. Кроме того, некоторые из этих факторов могут инициировать не только деструкцию и деполимеризацию, но также процессы структурирования молекулярных цепей.

Светостойкость – одно из главных требований, предъявляемых к кабельной продукции, применяемой в условиях открытой прокладки. Изделия, неспособные противостоять солнечному излучению теряют свои первоначальные характеристики, такие как прочность, цвет, упругость, они могут также начать испускать разнообразные газы, в том числе токсичные. Старение под действием солнечного света – процесс длительный, первые заметные признаки проявляются только через промежуток времени эксплуатации порядка трех-пяти лет в реальных условиях окружающей среды, поэтому на практике применяется ускоренный метод старения.

Сложность проблемы старения в основном заключается в том, что химическая природа полимерных материалов разнообразна, из чего следует, что процессы деструкции и структурирования полимеров индивидуальны. Кроме того, на эти процессы имеет большое влияние технологическая составляющая изготовления полимеров, поскольку полимеры не применяются в виде чистых смол, а содержат ряд специализированных добавок: наполнители, стабилизаторы и антиоксиданты, антимикробные добавки и другие. Так незначительное изменение состава полимерной композиции может привести к резкому изменению свойств полимера.

Существующий метод и критерии оценки стойкости к солнечному излучению довольно условны и нечетки, поскольку наблюдения степени старения полимеров и изделий из них ограничиваются констатацией наличия или отсутствия видимых (в том числе с использованием оптических средств исследования) дефектов на поверхности изделия, таких как трещины, изменение цвета, фактуры и других явных признаков старения полимерного материала.

В длительном процессе эксплуатации силовые кабели подвергаются ряду нагрузок, в том числе механических. Примерами статической механической нагрузки служат изгиб кабеля при монтаже, создающий внутреннее напряжение на внешнем радиусе. В качестве примера динамической механической нагрузки служат вибрации электротехнических установок, изгибы при изменении положения кабеля, будь то изгиб преднамеренный в подвижных узлах установок или под действием случайных факторов, например ветра.

Указанные механические нагрузки постепенно ослабляют силовой кабель, при этом говорится об усталости материалов оболочки и других конструктивных элементов кабеля. Солнечное излучение является важным фактором ускорения механической деградации оболочки кабеля при прокладке на открытом воздухе, которая приводит к ухудшению физико-механических

свойств, химической стойкости и, что наиболее важно в электротехнике – к уменьшению электрической прочности изоляции. В связи с этим изучение стойкости полимерных оболочек и изоляции кабельных изделий к действию солнечного света с учетом динамики физико-механических свойств является актуальной задачей.

Более того, в реальных условиях эксплуатации или хранения на изделия одновременно воздействует целый ряд постоянных, случайных или циклических факторов, что создает необходимость комплексного исследования старения полимерных материалов и методов защиты их.

1. Литературный обзор

1.1 Действие солнечного излучения на полимерные электроизоляционные материалы

В процессе эксплуатации изделия, содержащие полимерные материалы, подверженные солнечному излучению разной интенсивности и частоты постепенно деградируют. Старение происходит от поверхностных слоев к внутренним и тем быстрее происходит, чем больше соотношение площади поверхности и толщины слоя полимерного материала. В частности, для полимерных пленок, предназначенных для модификации поверхностных свойств разнообразных изделий, отношение площади поверхности к толщине слоя весьма значительно сказывается на скорости изменения структуры и свойств полимера.

Солнечное излучение является одним из факторов деградации, имеющим сильное влияние на характеристики полимерных материалов. Наиболее разрушительным действием обладает высокоэнергетическое излучение с малой длиной волны [3, с. 55]. Под данную категорию попадает не только ионизирующее излучение, но также ультрафиолетовая и видимая область спектра длин волн. Под действием излучения инициируются многие реакции органических веществ. При этом цепная природа высокомолекулярных соединений определяет их высокую чувствительность к излучению, большую, чем у их низкомолекулярных аналогов. Например, молекулярная масса полимеров изменяется при облучении на несколько порядков быстрее [3, с. 55].

Возможность фотохимических превращений полимеров под действием излучения определяется наличием в их цепях хромофорных групп, способных поглощать свет. Такие группы необязательно должны присутствовать в самой полимерной смоле, они могут содержаться в виде примесей и ингредиентов

композиции. В частности, к группам, вызывающим поглощение излучения в ультрафиолетовой области спектра, относятся связи типа углерод-углерод, углерод-азот, углерод-кислород, азот-азот и некоторые другие. Следует отметить, что одинарные связи C – C поглощают свет с длиной волны < 180 нм, что соответствует условиям глубокого вакуума, однако при наличии двойных связей в тех же молекулах, поглощающая способность на больших длинах волн становится возможной, и чем больше двойных, тройных связей, тем выше поглощающая способность [3, с. 57]. Кроме того, в сочетании с указанными группами некоторые другие группировки атомов вступают в синергию с ними и значительно усиливают эффект фотостарения полимерных материалов.

В общем случае излучение инициирует реакцию в цепи полимера следующим образом: 1) сначала энергия излучения поглощается хромофорными группами и последние переходят в возбужденное состояние; 2) следом происходит миграция энергии и локализация ее в низших электронных уровнях среди тех, что были возбуждены; 3) первичные превращения и тушение возбужденных состояний; 4) вторичные реакции с участием радикалов и промежуточных продуктов первичных реакций.

Разрыв основной цепи макромолекулы в ходе фотодеструкции может протекать по свободнорадикальному механизму Нориша 1 типа, или же разрушению цепи может предшествовать передача атома водорода карбонильной группе (реакция Нориша 2 типа). Реакции обоих типов могут протекать одновременно. При этом повышение температуры сказывается в основном на реакции первого типа, ускоряя их.

Для защиты уязвимых полимеров от фотостарения применяются специальные добавки – светостабилизаторы или иные методы защиты, такие как специальные покрытия или модификация химической и физической структуры полимера. Основным принципом светостабилизации является торможение реакций в полимере: как первичных фотохимических, так и

вторичных свободнорадикальных. Известно четыре основных механизма светостабилизации [2, с. 375]. Первым является экранирование материала от света с помощью пигментов или химических соединений, эффективно поглощающих УФ-излучение и преобразующих его в тепло. Такие вещества называют УФ-абсорберами. Второй метод заключается в гашении возбуждения примеси переносом энергии или электронов. При этом стабилизатор называют гасителем. Третий метод основан на взаимодействии стабилизатора со свободными радикалами, образующимися при первичных фотопроцессах. Как правило это вещества, взаимодействующие с алкильными и пероксидными радикалами. Четвертый метод использует разрушители гипероксидов, разлагающие промежуточные продукты реакции деструкции полимера без образования свободных радикалов. Следует отметить, что нет строгого соответствия между механизмами светостабилизации и самими светостабилизаторами, поскольку в комбинации с разными полимерами один и тот же светостабилизатор может действовать по разному механизму.

1.2 Электроизоляционные материалы, применяемые при производстве низковольтных силовых кабелей

Для изготовления изоляции и оболочки интересующих нас кабельных изделий применяются разнообразные по физико-химическим, химическим и физико-механическим свойствам полимерные материалы. Условно их можно разделить на термопластичные и термореактивные по реакции на повышение температуры.

Термопластичные материалы, такие как поливинилхлорид, полипропилен, полиэтилен при повышении температуры до температуры начала перехода в вязкотекучее состояние приобретают реологические свойства течения.

Следует отметить, что температура текучести не может быть фиксированной и определена с точностью хотя бы до одного градуса, поскольку полимеры в процессе полимеризации из мономеров полимеризуются неодинаково по всему объему реактора, а следовательно молекулярная масса и длина цепи, напрямую влияющая на температуры переходов из одного физического состояния в другое, полимера имеет некоторые отклонения.

Термореактивные полимеры при температурах вулканизации, находящихся в весьма широких пределах образуют поперечные химические связи между соседними макромолекулами. Процесс образования поперечных связей называется сшивкой или вулканизацией. Указанные выше полимеры также способны и к образованию поперечных связей при добавлении в из смолы специальных добавок – вулканизирующих агентов. Наиболее известными в электроизоляционной технике низких напряжений являются сшитый полиэтилен, резины на основе натурального и синтетических каучуков (изопреновых, бутадиеновых, бутадиен-стирольных и др.).

Отдельного внимания заслуживают термоэластопласты – полимерные материалы на основе блок-сополимеров, обладающие высокоэластическими свойствами, характерными для эластомеров, но при повышенных температурах обратимо переходящие в пластическое или вязкотекучее состояние. Возможность обратимого перехода из одного физического состояния в другое дает преимущества переработки пластических масс и ценные механические свойства эластомеров. Кроме того, при добавлении термоэластопластов в полимерные композиции на основе полипропилена, полистирола и некоторых других пластиков, можно увеличить ударную прочность, морозостойкость полимерной композиции. Примерами данного вида служат полиуретановые, стирольные, полиамидные термоэластопласты.

Все полимерные материалы, используемые в какой-либо сфере, применяются в виде полимерных композиций, содержащих смолу полимера и различные добавки: активные и пассивные наполнители, активаторы и агенты

превращений, антистарители (светостабилизаторы, антиоксиданты, антимикробные добавки), красители и другие. Известно применение в одной полимерной композиции нескольких полимерных материалов, причем вступающих в синергизм друг с другом, то есть усиливающих некоторые свойства по отношению к аналогичным при раздельном использовании полимеров.

Рассмотрим отдельно наиболее важные свойства некоторых применяемых в электроизоляционной технике материалов.

Полиэтилен.

Полиэтилен относится к классу полиолефинов, получаемых реакцией полимеризации ионного или радикального механизма. В общем случае полиэтилен – это твердый материал белого цвета в толстом слое и прозрачный в тонком. Температура стеклования около $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$, что свидетельствует о хорошей морозостойкости материала. Диэлектрические характеристики позволяют применять полиэтилен в качестве изоляции высокочастотных электротехнических изделий. Не растворяется в воде и обладает низкой гигроскопичностью. Весьма стоек против кислот и щелочей, однако при нагревании свыше $70\text{--}80\text{ }^{\circ}\text{C}$ частично растворяется в органических растворителях. При длительном воздействии повышенной температуры в присутствии кислорода, наблюдается ухудшение механических характеристик, что свидетельствует о деструкции. Также под действием повышенных температур может происходить сшивка молекул, что может быть использовано при производстве сшитого полиэтилена, обладающего свойствами, значительно отличающимися от свойств несшитого полиэтилена.

В промышленности известно три основных вида полиэтилена: ПЭ высокого давления (низкой плотности), ПЭ низкого давления (высокой плотности), а также ПЭ среднего давления.

Полиэтилен, получаемый при высоком давлении представляет собой разветвлённый полимер, молекулярный вес которого составляет около 30 000. Структура цепей, в основном прямолинейная, определяет высокую степень кристалличности до 75%. Однако при повышении температуры степень кристалличности снижается, и полимер становится аморфным при 115 °С. Звенья главной цепи располагаются зигзагообразно и состоят из метиленовых групп. Имеются также боковые бутильные, этильные, пропильные группы. Полиэтилен высокого давления получается из мономерных звеньев этилена в присутствии кислорода или органических перекисей в качестве инициатора реакции полимеризации. Процесс протекает по радикальному цепному механизму при давлении 120 – 300 Мпа и температуре 200 – 280 °С. В этих пределах при повышении температуры и давления реакция ускоряется, однако при этом изменяются и молекулярный вес, и степень разветвленности. Реакторы для полимеризации полиэтилена высокого давления представляют собой как правило либо трубчатые змеевики, либо вертикальные цилиндрические аппараты с перемешивающим устройством.

Полиэтилен низкого давления и среднего давления отличаются незначительной разветвлённостью, более прямой цепью и, следовательно, более высокой степенью кристалличности, чем у полиэтилена высокого давления. Это определяет более высокую теплостойкость, плотность и предел прочности при разрыве, чем у полиэтилена высокого давления. Известно также, что полиэтилен низкого давления более стоек к различным органическим растворителям и кислотам, а также несколько более газонепроницаем.

Однако полиэтилен низкого и среднего давления сложнее перерабатывается, а изделия из этих типов полиэтилена менее эластичны. Кроме того, тангенс диэлектрических потерь полиэтилена низкого и среднего давления выше, чем у полиэтилена высокого давления.

Производство полиэтилена низкого давления ведется при давлении 0,2 – 0,5 Мпа и температуре 50 – 80 °С в присутствии комплексных металлоорганических катализаторов.

Полимеризация полиэтилена среднего давления происходит при давлении 3,5 – 4,0 Мпа и температуре 130 – 170 °С в присутствии окислов металлов в качестве катализаторов.

Таблица 1 – Свойства полиэтилена

Показатели	Полиэтилен		
	высокого давления	низкого давления	среднего давления
Плотность, г/см ³	0,918 – 0,930	0,949 – 0,955	0,960 – 0,970
Показатель текучести расплава, г/10 мин	0,1 – 10	0,1 – 10	0,1 – 8,0
Разрушающее напряжение, МПа (кгс/см ²)			
при растяжении	10 – 17 (100 – 170)	22 – 30 (220 – 350)	20 – 40 (200 – 400)
при изгибе	12 – 17 (120 – 170)	20 – 35 (200 – 350)	–
Относительное удлинение при разрыве, %	500 – 600	300 – 800	200 – 900
Твердость по Бринеллю, МПа (кгс/мм ²)	14 – 25 (1,4 – 2,5)	45 – 58 (4,5 – 5,8)	56 – 6,5 (5,6 – 6,5)
Температура плавления, °С	105 – 108	120 – 125	127 – 130
Температура хрупкости °С	от –80 до –120	от –100 до –150	от – 100 до –150
Удельное объемное электрическое сопротивление, ТОм·м	10 ²	10 ²	10 ²
Тангенс угла диэлектрических потерь при 1 МГц	3·10 ⁻⁴ – 6·10 ⁻⁴	2·10 ⁻⁴ – 5·10 ⁻⁴	2·10 ⁻⁴ – 4·10 ⁻⁴
Диэлектрическая проницаемость при 1 МГц	2,3	2,1 – 2,4	2,3

Полипропилен

Полипропилен представляет собой высокомолекулярный продукт полимеризации пропилена в бензине или пропане при давлении 1,0 – 4,0 МПа и температуре 65 – 70 °С. Ценными свойствами обладает изотактический полипропилен, получаемый с помощью катализаторов Циглера-Натта. Это термопластичный полимер белого цвета с температурой плавления большей, чем у полиэтилена, но также и большей температурой стеклования. Следовательно, это более теплостойкий, но менее морозостойкий материал.

Полипропилен совершенно нерастворим в органических растворителях, кислотах или щелочах при комнатной температуре. При нагревании до 80 °С он начинает растворяться в ароматических и хлорированных углеводородах. Только сильные окислители, такие как олеум, азотная кислота способны оказать заметное действие. Однако, из-за наличия третичных атомов углерода, полипропилен склонен к окислительным видам деструкции в присутствии кислорода.

Таблица 2 – Свойства полипропилена

Молекулярный вес	80 000 – 200 000
Плотность, Мг/м ³	0,9 – 0,91
Разрушающее напряжение при растяжении, МПа (кгс/см ²)	25 – 40 (250 – 400)
Относительное удлинение при разрыве, %	200 – 800
Ударная вязкость, кДж/м ²	33 – 80
Твердость по Бринеллю, МПа (кгс/мм ²)	60 – 65 (6,0 – 6,5)
Температура плавления, °С	160 – 170
Теплостойкость, °С	160
Температура хрупкости, °С	от –5 до –15

Водопоглощение за 24 ч, %	0,01 – 0,03
Удельное объемное электрическое сопротивление, ТОм·м	$8 \cdot 10^2$
Тангенс угла диэлектрических потерь при 1 МГц	$2 \cdot 10^{-4} - 5 \cdot 10^{-4}$
Диэлектрическая проницаемость при 1 МГц	2,2

Полиизобутилен

Полиизобутилен является каучукоподобным материалом, получаемым полимеризацией изобутилена в присутствии катализаторов Фриделя – Крафта. Обладает очень высокой стойкостью к разнообразным химическим агрессивным средам и влаге. Концентрированная азотная кислота способна разрушать полиизобутилен только при температуре выше 80 °С. Значительно превосходит по морозостойкости полиэтилен и полипропилен. Растворим в алифатических, ароматических и хлорированных углеводородах и минеральных маслах.

Полиизобутилен характеризуется малой газопроницаемостью, высокими диэлектрическими показателями, однако низкая механическая прочность и сильная склонность к ползучести ограничивают применение полиизобутилена. Тем не менее, известно, что при добавлении в композицию на основе полиизобутилена активных наполнителей (сажа, графит, тальк и др.) увеличивается прочность, и уменьшается текучесть. Кроме того, наполнители в большинстве своем являются хорошим светостабилизатором.

В таблице 3 приведены основные свойства полиизобутилена.

Таблица 3 – Свойства полиизобутилена

Молекулярный вес	175 000 – 225 000
Плотность, Мг/м ³	0,91 – 0,93

Разрушающее напряжение при растяжении, МПа (кгс/см ²)	2,0 – 13,5 (20 – 135)
Относительное удлинение при разрыве, %	550 – 900
Температура стеклования, °С	–74
Температура хрупкости, °С	до –60
Удельное объемное электрическое сопротивление, ТОм·м	10 – 100
Тангенс угла диэлектрических потерь при 1 МГц	$2 \cdot 10^{-4} - 5 \cdot 10^{-4}$

Поливинилхлорид

Поливинилхлорид – белый аморфный полимер, получаемый радикальной полимеризацией винилхлорида в присутствии инициаторов. В промышленности получили наибольшее распространение суспензионный и эмульсионный методы полимеризации. Также возможна полимеризация в массе.

ПВХ обладает некоторой стойкостью к растворению в углеводородах, смесях с ацетоном или диоксаном. С повышением молекулярного веса растворимость уменьшается. Примечательным фактом является большая полидисперсность ПВХ от 100 до 2500.

Нагревание выше 140 °С приводит к термической деструкции поливинилхлорида, сопровождающейся выделением хлористого водорода, что затрудняет его переработку, поскольку температура текучести находится в диапазоне 150 – 160 °С. В процессе деструкции ухудшаются физико-механические свойства: возрастает хрупкость, уменьшается относительное удлинение при разрыве.

Однако свойства поливинилхлорида можно изменять в широком диапазоне путем введения пластификаторов, химической модификацией или иными функциональными добавками.

Существуют в электроизоляционной технике также кроме рассмотренных и другие полимерные материалы, однако рассмотренные применяются наиболее широко и поэтому требуют особого внимания.

1.3 Методика оценки стойкости изоляции и оболочки кабельных изделий против действия солнечного излучения

На сегодня процедуру испытания на стойкость к фотостарению проходят все изделия электротехнической, пищевой, медицинской и других промышленности в тех случаях, если изделия спроектированы и предназначены для эксплуатации на открытом воздухе или иных местах, где возможно облучение светом, а в частности наибольший интерес представляет ультрафиолетовый спектр. Свет с длиной волны до 400 нм обладает наиболее существенным губительным действием на полимерные материалы, однако на практике свет с длиной волны меньше 300 нм практически не проникает через верхние слои атмосферы на поверхность Земли. Свет видимого спектра в большинстве случаев обладает малой фотохимической активностью по отношению к известным полимерным материалам, а также слабо поглощается ими. Следовательно, обычно испытывается стойкость к солнечному свету в диапазоне длин волн от 300 нм до 400 нм, за исключением аэрокосмической промышленности, где требуется проверка на стойкость в условиях глубокого вакуума на расширенном диапазоне длин волн.

Метод старения регламентирован ГОСТ 20.57.406-81, который присваивает испытанию на стойкость к световому излучению номер 211. В соответствии со

стандартом испытания проводятся только после кондиционирования в нормальных климатических условиях, а в период старения в камере поддерживается определенная температура $t = 55 \pm 2^\circ \text{C}$. Влажность, как правило, не контролируется.

Кабели разрезаются на отрезки длиной 1,5 м и сворачиваются бухты, после чего закрепляются внутри климатической камеры. Образцы размещаются в камере таким образом, чтобы уязвимые участки изделия были подставлены под световой поток. Данный эффект может быть достигнут вращением стола внутри камеры, как это реализовано, например, в климатической камере КТВСР-1, использованной при проведении исследования в данной работе.

Осмотр образцов изделий электротехнической и других видов промышленности является основным способом определения влияния солнечной радиации на состояние изделия. Изделия, подвергнутые фотостарению сравниваются с теми, что не прошли такую процедуру, в том числе с использованием оптических средств. Далее делается заключение о наличии или отсутствии видимых дефектов на поверхности изделия на основе субъективной оценки наблюдателя. Такой способ оценки хоть и не дает количественной характеристики степени деструкции полимера, но по крайней мере дает качественную информацию о явном повреждении изделия. Следует отметить, что, как будет показано далее, визуальный осмотр не гарантирует достоверность информации о состоянии материала. Процедура регламентируется стандартом на методы испытаний ГОСТ 20.57.406-81 «Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические» и носит исключительно технологический интерес. Очевидно, что на основе субъективного осмотра нельзя утверждать о старении в исследовательском смысле.

1.4 Выводы и постановка задач на исследование

Из всего вышеизложенного следует, что светостойкость полимерных материалов – одно из главных требований к низковольтным силовым кабелям, предназначенным для прокладки на открытом воздухе.

Существующая методика не позволяют оценить объективно влияние солнечного излучения на свойства изоляции и оболочки кабельного изделия, а также сильно зависит от наблюдателя, что присваивает стандартной процедуре характер субъективности оценки старения. Имеющиеся стандартные критерии оценки степени фотостарения нечеткие и весьма условные. В связи с этим, сравнительный анализ стойкости к солнечному излучению по стандартной методике и определение изменения физико-механических параметров низковольтных силовых кабелей является актуальной задачей.

2 Методическая часть

2. 1 Подготовка образцов

Подготовка образцов для проведения испытаний требует соблюдения ряда требований для оптимизации процесса старения для всех индивидуальных образцов, что в свою очередь повышает качество результатов исследования. Такими требованиями являются, например, отсутствие технологических дефектов производства в испытываемых образцах: трещины, воздушные включения, значительные отклонения толщины изоляции или оболочки, термическая деструкция в результате несоблюдения теплового режима наложения изоляции или оболочки на кабельное изделие и другие дефекты.

Для проведения стандартного испытания на стойкость к солнечному излучению по методу п.1.3 необходимо кабельные изделия нарезать на отрезки длиной 1,5м и свернуть их в бухты. В таком виде образцы загружаются в камеру и старятся.

Образцы для проведения испытаний на физико-механические свойства выполняются в соответствии с ГОСТ ИЕС 60811-1-1-2011 в виде двусторонних лопаток. На рисунке 1 изображен образец в виде двусторонней лопатки стандартных размеров.

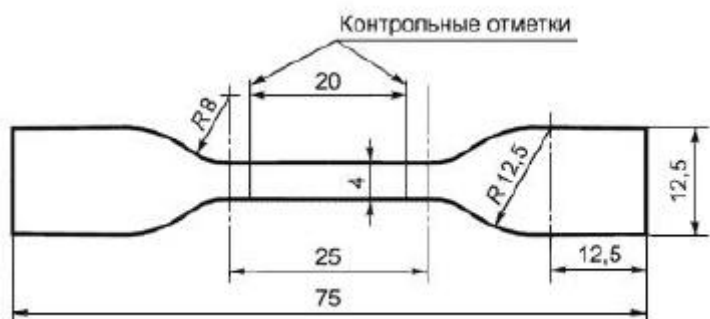


Рисунок 1 – Образец в виде двусторонней лопатки

В случае, когда объективно невозможно изготовление лопаток длиной 75 мм и рабочим участком 20 мм, изготавливаются лопатки меньшего размера с рабочим участком 17 мм. Пример такой лопатки приведен на рисунке 2.

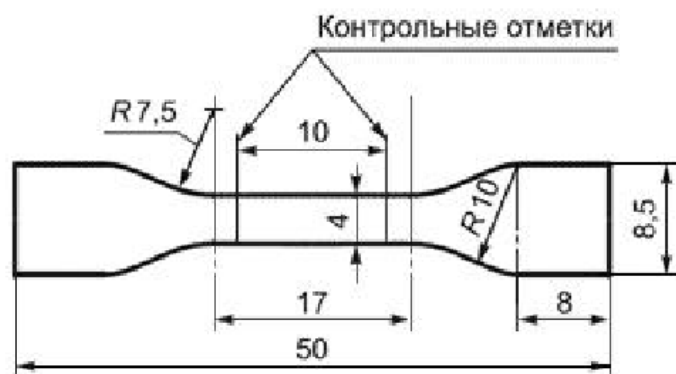


Рисунок 2 – Образец в виде лопатки уменьшенного размера

При изготовлении двусторонних лопаток необходимо выбирать участки полотна оболочки, не имеющие дефектов, указанных ранее, а также избегать попадания в рабочий участок лопатки характерного для многожильных кабелей утолщения оболочки в том месте, где полимерная композиция заполняет пространство между жилами кабеля. Такое утолщение образца несомненно искажает форму и величину поперечного сечения рабочего участка двусторонней лопатки, а следовательно, приводит к искажению результатов испытания.

Перед проведением серии испытаний на физико-механические свойства образцов оболочки необходимо определить достаточно точно их геометрические параметры, а также нанести контрольные метки на рабочем участке для того, чтобы было удобно отслеживать удлинение этого участка во время испытания.

При изготовлении двусторонних лопаток известны их некоторые геометрические параметры, необходимые для исследования: длина рабочего участка и его ширина, однако совершенно необходимы также значения толщин образцов, а также рекомендуется проверять ширину рабочего участка с точностью не менее 0,04 мм.

Измерение толщины производится средствами измерения с погрешностью не более 0,01 мм в трех местах рабочего участка двусторонней лопатки. ГОСТ. В работе использовался микрометр-толщиномер с погрешностью не более 0,005 мм.

2.2 Методика определения предела прочности и относительного удлинения при разрыве

Стандарт ГОСТ ИЕС 60811-1-1-2011 определяет не только методику и инструменты для изготовления лопаток, но и методику определения физико-механических параметров, а также параметры среды и оборудования. Так, например, температура проведения испытаний на разрывной машине должна быть в пределах $23 \pm 5^\circ \text{C}$, а в спорных случаях $23 \pm 2^\circ \text{C}$.

В данной работе испытания на разрывной машине имеют ключевое и решающее значение, поскольку именно от них напрямую зависит результат исследования – физико-механические характеристики оболочек кабельных изделий до и после фотостарения. Кроме того, результат именно этой части исследования полностью зависит от наблюдателя. Поэтому было необходимо очень внимательно, а в некоторых случаях – быстро следить за движением контрольных отметок на образце и перемещать экстензометры так, чтобы они всегда находились на контрольных отметках, нанесенных на рабочий участок лопатки испытуемого образца.

Следует отметить, что скорость нарастания деформации во время испытания имеет немалое значение, поскольку слишком высокая скорость нарастания деформации приводит к нарушению сплошности полимера на поверхности или в объеме, из чего неизбежно следует образование трещин, что в свою очередь приведет к грубой ошибке измерения. Напротив, слишком низкая скорость нарастания деформации может вызвать явление ползучести, что приведет к аналогичным последствиям. Кроме того, низкая скорость

нарастания деформации технологически нецелесообразна, поскольку занимает больше времени на получение результата.

Параметры предела прочности на разрыв и относительного удлинения вычисляются по следующим выражениям:

$$\sigma_p = \frac{P}{S},$$

где P – усилие, прикладываемое к образцу в момент разрыва, кгс;

S – площадь поперечного сечения рабочего участка лопатки, мм².

$$\Delta l = \frac{l_2 - l_1}{l_1} \cdot 100\%,$$

где l_1, l_2 – длины рабочего участка в исходном состоянии и при разрыве.

За результат принимается среднее арифметическое значение.

3 Экспериментальная часть

3.1 Объект исследования

Изучение конструкции испытуемых изделий необходимо для последующего анализа причин, механизмов и последствий старения, а также для формирования рекомендаций по совершенствованию эксплуатационных характеристик изделий в области светового старения.

В качестве объектов испытания были взяты кабели марок Hold Cab EPR LV HF(AF) 4x2,5ок(N)-1, Hold Cab EPR LV TSF(C) 4x25 мк(N)-1, Hold Cab EPR LV TSF(C) 3x2,5 ок(N)-1, Hold Cab EPR LV P(C) 4x2,5 ок(N)-1, произведенные в АО «Сибкабель» и АО «ЭКЗ».

Рассмотрим конструкцию каждого изделия:

1) Hold Cab EPR LV HF(AF) 4x2,5ок(N)-1

Кабель произведен на предприятии ЗАО «Сибкабель» в 2016 году. Данная марка кабеля является огнестойкой и предназначена для стационарной прокладки во взрыво- и пожароопасных помещениях, а также на открытом воздухе. Класс предела распространения горения в вертикальном пучке AF/R по ГОСТ 31565. Изделие содержит четыре однопроволочные медные жилы одинакового сечения. Изоляция наложена отдельно поверх каждой токопроводящей жилы, а в качестве материала использована этиленпропиленовая резина. Имеется термический барьер из слюдосодержащей ленты поверх токопроводящих жил. Оболочка изготовлена из полимерной композиции, не содержащей галогенов. Конструкция кабеля изображена на рисунке 3.

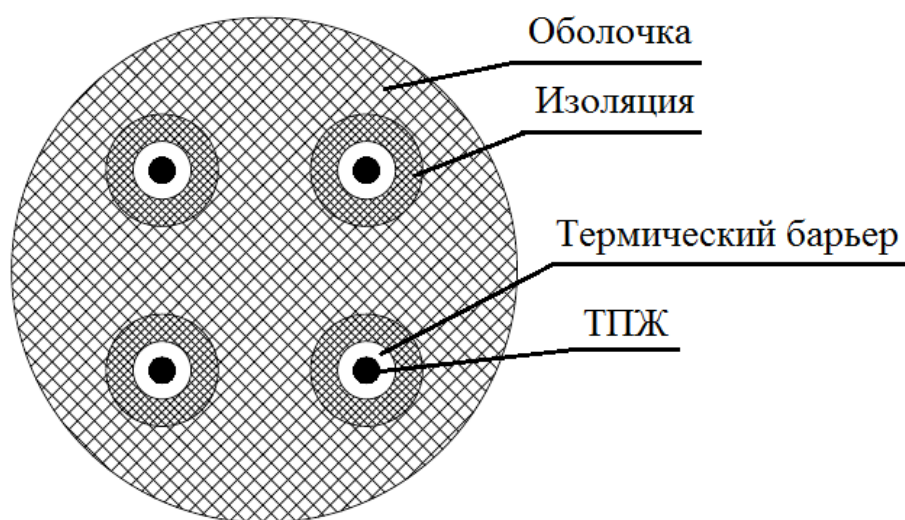


Рисунок 3 – Поперечный разрез кабеля Hold Cab EPR LV HF(AF) 4x2,5

2) Hold Cab EPR LV TSF(C) 4x25 мк(N)-1

Данный кабель также был произведен на предприятии «Сибкабель» в 2016 году и предназначен для стационарной прокладки в пожаро- и взрывоопасных помещениях и на открытом воздухе. Класс огнестойкости при групповой прокладке С. Изделие имеет 4 медные жилы, состоящие каждая из семи проволок одинакового сечения, расположенных по схеме 1+6[Аникеевко]. Основная изоляция выполнена из этиленпропиленовой резины. Имеется поясная изоляция, также выполненная из этиленпропиленовой резиновой композиции, а также броня из стальных оцинкованных лент. Внешняя оболочка изготовлена из поливинилхлоридного пластика пониженной горючести. Конструкция данного кабеля изображена на рисунке 4.

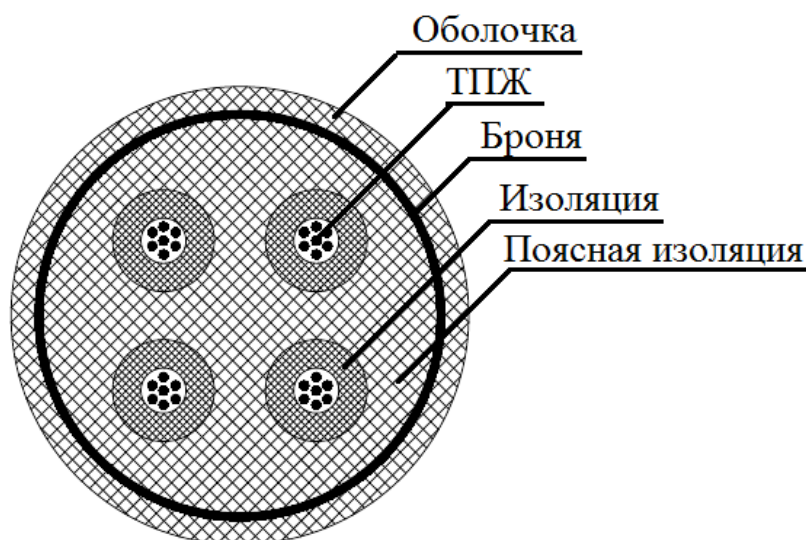


Рисунок 4 – Поперечное сечение кабеля Hold Cab EPR LV TSF(C) 4x25

3) Hold Cab EPR LV TSF(C) 3x2,5 ок(N)-1

Кабель произведен на предприятии АО «ЭКЗ» в 2016 году предназначен для стационарной прокладки в в пожаро- и взрывоопасных помещениях, а также на открытом воздухе. Класс огнестойкости в пучке С. Кабель имеет три однопроволочные медные жилы одинакового сечения, изолированные этиленпропиленовой резиной. Имеется поясная изоляция, выполненная также из этиленпропиленовой резины. Изделие бронировано стальными оцинкованными лентами и заключено во внешнюю оболочку из поливинилхлоридного пластиката пониженной горючести. Конструкция данного кабеля изображена на рисунке 7.

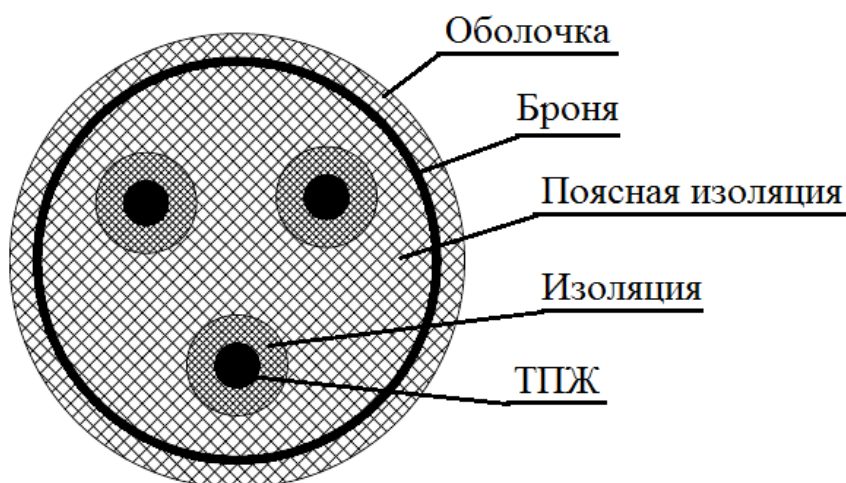


Рисунок 5 – Поперечное сечение кабеля Hold Cab EPR LV TSF(C) 3x2,5

4) Hold Cab EPR LV P(C) 4x2,5 ок(N)-1

Произведенный в АО «ЭКЗ» в 2016 году данный кабель также предназначен для стационарной прокладки во взрыво- и пожароопасных помещениях и на открытом воздухе. Изделию присвоен С-класс предела распространения горения в пучке. Кабель содержит четыре однопроволочные медные жилы одинакового сечения с изоляцией из этиленпропиленовой резины. Оболочка изготовлена из резины, не распространяющей горение. Для предотвращения прилипания оболочки к изоляции технологическим процессом предусмотрено наложение ленты из полиэтилентерефталата поверх основной изоляции жил. Конструкция кабеля изображена на рисунке 6.

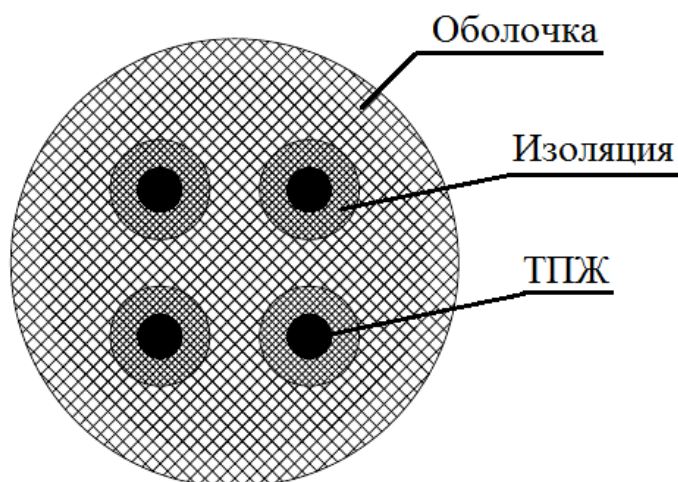


Рисунок 6 – Поперечное сечение кабеля Hold Cab EPR LV P(C) 4x2,5

Таким образом, все вышеуказанные кабельные изделия предназначены для стационарной прокладки в помещениях с наличием опасности взрыва и пожара, а также для прокладки на открытом воздухе. Последнее означает, что в полимерную композицию оболочки добавлены светостабилизаторы, и что данные изделия должны сохранить свои свойства после фотостарения.

3. 2 Определение стойкости изделий к действию солнечного излучения стандартным методом

При проведении испытаний за основу принята методика, описанная в п.1.3. Испытания проводились на климатической установке КТВСР-1 – камера тепла, влаги и солнечной радиации (рис. 3). Данная установка имеет внутренний объем камеры 1 м³. Паспортная мощность установки – 14 кВт.

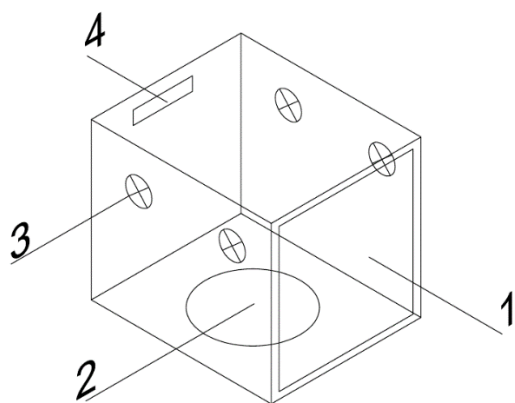


Рисунок 7 – Структура климатической камеры

Установка представляет собой закрытую камеру в форме куба, заключенную в корпус с главной загрузочной створкой 1 и смотровыми светополяризационными окнами.

В камере имеется вращающийся стол 2, на который устанавливаются испытуемые образцы. В камере задается температура, влажность и интенсивность светового излучения с помощью пункта управления, выполненного в виде отдельного шкафа управления. Облучение ведется четырьмя лампами (позиция 3 на рисунке 3) типа ДКСШ-1000. Температура в камере повышается за счет нагрева и циркуляции воздуха в рубашке. Нагрев воздуха электрический. Имеется вентиляционное отверстие 4 для удаления продуктов разложения испытуемых образцов.

В соответствии с ГОСТ 20.57.406-81, в климатической камере в период старения поддерживались следующие условия:

- температура в камере $t = 55 \pm 2^\circ \text{C}$
- интегральная поверхностная плотность потока светового излучения $M = 1120 \text{ Вт/м}^2$ (68 Вт/м^2 для ультрафиолетовой части спектра)

Влажность не контролировалась, что вполне допустимо для данного вида испытания.

Образцы в виде бухт из нескольких витков кабельных изделий были размещены на металлическом каркасе в вертикальном положении. Образцы в виде стандартных двусторонних лопаток, вырезанных из изделий были закреплены канцелярскими зажимами и подвешены на проволочный каркас рядом с вышеуказанными бухтами. Все образцы были промаркированы и

помещены в климатическую камеру на 10 суток, после чего были осмотрены и подвергнуты испытаниям на разрывной установке.

В ходе данной части исследования в наличии имелись кабельные изделия, прошедшие процедуру ускоренного фотостарения в течение десяти суток в климатической камере КТВСР-1, а также образцы тех же кабельных изделий, не подвергнутых старению. Визуальный осмотр и сравнение изделий проводился при достаточном уровне освещенности и при температуре 20° С.

Образцы цельных кабельных изделий были размотаны из бухт и осмотрены по всей поверхности оболочки на предмет видимых изменений после фотостарения: появление трещин, изменение формата, цвета и др. Никаких видимых изменений фактуры изделий не обнаружено. При изгибе с растяжением оболочки, её оттенок изменялся одинаково как для состаренных образцов, так и исходных. При этом также не было обнаружено растрескивания оболочки. Выделения продуктов разложения оболочки после старения также не обнаружено.

Сделано предварительное заключение о состоянии кабельных изделий: в ходе изучения внешнего вида изделий до старения и после него на состаренных образцах не было обнаружено дефектов, таких как трещины, изменение цвета или выделение продуктов деструкции. Внешний вид изделий после процедуры фотостарения не изменился. Таким образом, все изделия успешно прошли стандартное испытание.

3.3 Определение влияния солнечного излучения на физико-механические свойства оболочки кабельных изделий

Изменение физико-механических свойств оценивалось путем определения предела прочности и относительного удлинения при разрыве. Испытания проводились на разрывной машине типа ЦМГИ-250 (рисунок 8),

предназначенной для испытания резиновых и пластиковых образцов в виде лопаток при постоянной скорости нарастания деформации.

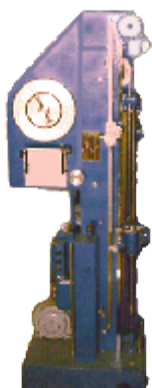


Рисунок 8 – Внешний вид разрывной машины ЦМГИ-250

Основными рабочими узлами являются:

- 1) Зажимы, удерживающие испытуемый образец при его деформации
- 2) Шкала для измерения удлинения образца. Абсолютная погрешность шкалы 0,5 мм.
- 3) Экстензометры, ведомые за метками на образце и отмеряющие его удлинение по шкале
- 4) Динамометр, проградуированный в килограмм-силах
- 5) Электропривод с регулированием скорости нарастания деформации

В ходе работы все образцы партиями, распределенными в соответствии с маркой и наличием предшествующего старения были разорваны, и для большинства образцов получены значения абсолютного удлинения и разрывного усилия.

Как было отмечено ранее, немаловажную роль в испытании имеет скорость нарастания деформации. Для оболочек, выполненных из поливинилхлоридного пластиката, скорость нарастания деформации установлена равной 250 мм/мин, а для резиновой оболочки 300 мм/мин, что соответствует стандарту [7]

На рисунке 9 приведены гистограммы средних значений предела прочности на разрыв и относительного удлинения при разрыве при условии равномерной скорости растяжения. Значения для всех образцов приведены в таблицах приложений А1– А4.

Ниже приведен пример расчета предела прочности и относительного удлинения при разрыве для образца лопатки №3 кабеля под номером №3 в исходном состоянии перед старением.

Предел прочности при разрыве:

$$\sigma_P = \frac{P}{S}$$

$$\sigma_P = \frac{15.8}{7.52} = 2.101 \quad \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$$

Относительное удлинение при разрыве:

$$\Theta = \frac{l_i - l_0}{l_0} \cdot 100\%$$

$$\Theta = \frac{63 - 20}{20} 100 = 215 \quad \%$$

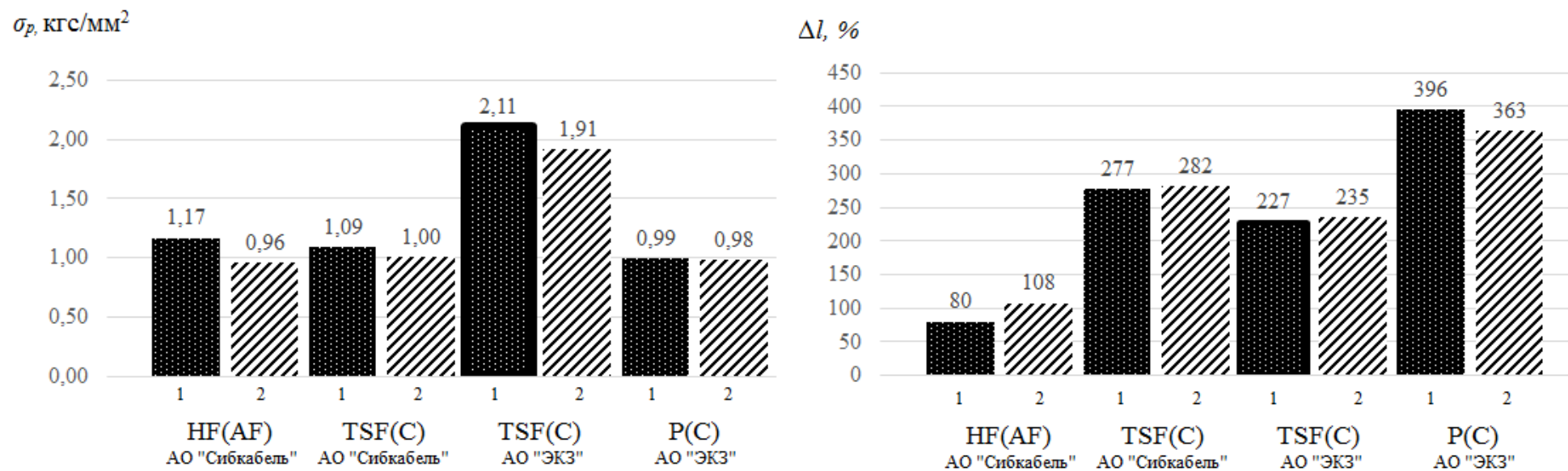


Рисунок 9 – Изменение предела прочности и относительного удлинения образцов после воздействия солнечного излучения: 1 – начальное значение, 2 – после выдержки в климатической камере

На рисунке 8 представлена гистограмма средних значений прочности и относительного удлинения при разрыве образцов лопаток. Видно, что значение прочности при растяжении состаренных образцов находится ниже аналогичного показателя для образцов, не прошедших процедуру фотостарения. Можно сделать предположение, что имеется влияние солнечной радиации на механическую прочность оболочки.

Для образцов оболочки HF(AF) отмечается ухудшение предела прочности на 18%. Относительное удлинение состаренных образцов больше, чем в исходном состоянии на 34%.

Для образцов оболочки TSF(C) кабелей, произведенных на двух предприятиях отмечается ухудшение предела прочности на 8 – 9%. Относительное удлинение при разрыве увеличилось со старением на 2 – 3%. Следует отметить, что абсолютные значения предела прочности в исходном состоянии изделия, произведенного в АО «ЭКЗ» на 95% выше, чем у аналога от АО «Сибкабель». При этом относительное удлинение при разрыве в исходном состоянии у образца, произведенного в АО «ЭКЗ», меньше на 18%.

Последний образец оболочки, в отличие от предыдущих, изготовлен из термореактивной композиции P(C), то есть из резины и поэтому представляет отдельный интерес, как совершенно иной материал. По результатам испытаний изменение предела прочности составило 1%. Относительное удлинение состаренных образцов на 8% меньше, чем несостаренных.

По результатам испытания оболочка кабеля №1 марки Hold Cab EPR LV HF(AF) 4x2,5ок(N)-1 признана недостаточно стойкой к влиянию солнечной радиации на физико-механические свойства изделия. Ухудшение прочности при растяжении в среднем составило 18%, что является значением одного порядка с аналогичным показателем для термического старения данного кабеля, равного 40% в соответствии с технической документацией предприятия [14]. Изменение относительного удлинения при термическом старении в технической документации также равно 40%.

Изделия под маркой Hold Cab EPR LV TSF(C), произведенные на различных предприятиях показали одинаковую устойчивость к солнечной радиации, но ее влияние на физико-механические свойства можно сравнить показателями при тепловом старении. При термоокислительном старении нормируемое ухудшение параметров составляет 25% [14].

В композиции резиновой смеси изделия №4 Hold Cab EPR LV P(C) могли содержаться остаточные вулканизирующие агенты и активаторы, способные продолжать сшивку при температуре 50° С, которая поддерживалась во время фотостарения. Однако влияние этих компонентов оказалось мало и сравнимо со степенью неравномерности вулканизации в пределах одного изделия.

3. 4 Оценка погрешности результатов испытаний

Для определения погрешности результатов измерений воспользуемся равномерным законом распределения величин. Данный закон распределения хорошо отображает распределение значений, полученных в ходе эксперимента. Измерения предела прочности и относительного удлинения при разрыве определяются метрологией как косвенные однократные, поскольку величины были вычислены с использованием прямых измерений, произведенных однократно для каждой отдельной лопасти.

Погрешность вычисляется следующим образом:

$$\Delta\sigma = 0,95d = 0,95 \cdot 0,10 = 0,095 \text{ кгс/мм}^2,$$

где $d = \frac{b-a}{2} = \frac{2,19-1,99}{2} = 0,10 \text{ кгс/мм}^2$ – параметр равномерного распределения; 0,95 – доверительная вероятность 95%; b, a – границы интервала распределения.

Округлив, получаем результат абсолютной погрешности вычисления предела прочности при разрыве для оболочки марки Hold Cab EPR LV TSF(C) изделия № 3:

$$\sigma = 2,1 \pm 0,1 \text{ кгс/мм}^2.$$

Относительная погрешность составила: $\varepsilon\sigma_{\text{TSF(C)}} = 5\%$.

Аналогично получены погрешности предела прочности и относительного удлинения при разрыве для всех образцов. Результаты сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Погрешности определения физико-механических характеристик

№	Изделие	Относительная погрешность предела прочности при разрыве, %	Относительная погрешность относительного удлинения при разрыве, %
1	Hold Cab EPR LV HF(AF)	7	9
2	Hold Cab EPR LV TSF(C)	5	11
3	Hold Cab EPR LV TSF(C)	5	6
4	Hold Cab EPR LV P(C)	14	12

3. 5 Обсуждение результатов эксперимента

Исследование физико-механических характеристик произведено в соответствии с ГОСТ ИЕС 60811-1-1-2011. Образцы, предназначенные для исследования на наличие старения подверглись облучению солнечным светом в соответствии с ГОСТ 20.57.406.-81. Результатом эксперимента являются показатели относительного удлинения и предела прочности при разрыве образцов четырех марок кабельных изделий.

По результатам исследования кабель марки Hold Cab EPR LV HF(AF) подвергся фотостарению и при этом частично утратил свои физико-

механические показатели. Другие же изделия проявили умеренную и хорошую способность противостоять солнечному излучению и его влиянию на физико-механические характеристики.

Уменьшение предела прочности и увеличение относительного удлинения при разрыве может быть связано с фотохимической деструкцией по радикальному цепному механизму. Как известно из [5], ПВХ не имеет хромофорных групп, способных поглощать свет с длиной волны больше 180 нм. Однако, используемые для полимеризации винилхлорида инициаторы, а именно перекись лауроила, пероксидикарбонаты, динитрил азо-бис-изомасляной кислоты, имеют в своем составе химические связи типа $C = C$, $C - N$, которые поглощают свет как в ультрафиолетовом, так и в видимом спектре длин волн. Поглощенная энергия расходуется на разрыв наиболее слабых связей, в первую очередь двойных и тройных. При этом образуются активные радикалы и валентные связи, инициирующие вторичные химические реакции, в конечном счете приводящие к разрыву цепей.

При воздействии солнечного излучения могут протекать процессы не только деструкции и деполимеризации, но и иные превращения, например, сшивка макромолекул. Во-первых, это может быть связано с образованием активных радикалов и передачей цепи от одной макромолекулы на другую. Такая передача может сопровождаться разрывом основной цепи для образования поперечных связей. Во-вторых, наличие в полимерной термореактивной композиции остаточных вулканизирующих агентов создает вероятность подвулканизации даже при комнатной температуре.

Все эти факторы при накоплении приводят к образованию микротрещин, за которыми следуют разнообразные повреждения, в том числе разгерметизация оболочки кабеля. Наличие в оболочке трещин сводит к нулю эффективность защиты внутренних покровов. Образование трещин на изоляции жил неизбежно приводит к её электрическому пробое.

Анализируя результаты испытаний по методике, описанной в п.1.3, и результаты физико-механических испытаний можно сделать вывод о том, что исследование стойкости оболочек кабельных изделий с учетом динамики физико-механических свойств имеет перспективы не только в научном, но и в производственно-технологическом смысле, поскольку в соответствии со стандартной методикой испытания [9], все изделия признаны абсолютно стойкими к солнечному излучению, однако дальнейшие исследования показали наличие фотохимической деструкции, а также подвулканизации.

4 Заключение

В работе исследовано влияние солнечного излучения на физико-механические характеристики полимерных оболочек кабельных изделий марок Hold Cab EPR LV HF(AF) 4x2,5ок(N)-1, Hold Cab EPR LV TSF(C) 4x25 мк(N)-1, Hold Cab EPR LV TSF(C) 3x2,5 ок(N)-1, Hold Cab EPR LV P(C) 4x2,5 ок(N)-1, произведенных в АО «Сибкабель» и АО «ЭКЗ».

Произведено облучение образцов в виде бухт кабелей в климатической камере тепла и солнечной радиации, после чего последовал визуальный осмотр в соответствии с ГОСТ 20.57.406-81. В результате осмотра ни на одном образце никаких признаков старения не обнаружено, следовательно все изделия успешно прошли испытание.

Произведены испытания лопаток, изготовленных по ГОСТ ИЕС 60811-1-1-2011 на разрывной машине ЦМГИ-250. В результате эксперимента обнаружено изменение физико-механических характеристик, а именно уменьшение предела прочности, увеличение относительного удлинения при разрыве в термопластичных композициях и его уменьшение в термореактивной.

Рассчитана погрешность определения указанных характеристик, которая составила от 5% до 14%.

Произведен анализ результатов эксперимента и сделано предположение о наличии фотохимической деструкции в присутствии кислорода, а также вероятности подвулканизации в процессе облучения.

Список использованной литературы

1. Герасименко А. А. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений: Справочник: В 2. т. Т.1. / Под ред. А. А. Герасименко. – М.: Машиностроение, 1987. – 688 с.
2. Герасименко А. А. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений: Справочник: В 2. т. Т.2. / Под ред. А. А. Герасименко. – М.: Машиностроение, 1987. – 688 с.
3. Пинчук Л. С. Полимерные пленки, содержащие ингибиторы коррозии / Л.С.Пинчук, А.С.Неверов. – М.: Химия, 1993. – 176 с.
4. Кузнецов Е.В. Альбом технологических схем производства полимеров и пластических масс на их основе / Е. В. Кузнецов, И. П. Прохорова, Д. А. Файзулина. М.: Химия, 1976. – 108 с.
5. Брацыхин Е. А. Технология пластических масс / Е. А. Брацыхин. Л.: Ленинградское отделение госхимиздата, 1963 г. – 400 с.
6. Аникеенко В. М. Основы кабельной техники: учебное пособие / В. М. Аникеенко, С. С. Марьин, О. А. Анисимова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 110 с.
7. ГОСТ ИЕС 60811-1-1-2011. Общие методы испытаний материалов изоляции и оболочек электрических и оптических кабелей. – Москва: Изд-во стандартов, 2013. – 26 с.
8. ГОСТ 20.57.406-81. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические. Методы испытаний. – Москва: Изд-во стандартов, 1982. – 215 с.
9. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение. – Москва: Изд-во стандартов, 1995. – 151 с.
10. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности. – Москва: Изд-во стандартов, 1983. – 14 с.

11. ГОСТ 12.1.005-88. Шум. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – Москва: Изд-во стандартов, 1988. – 50 с.
12. ГОСТ 12.2.007.13-88. Система стандартов безопасности труда. Лампы электрические. Требования безопасности. – Москва: Изд-во стандартов, 2015. – 6 с.
13. ГОСТ 12.1.013-78. Система стандартов безопасности труда. Строительство. Электробезопасность – Москва: Изд-во стандартов, 2078. – 8с.
14. ТУ 16.K73.130 – 2015.

Таблица А1 – Результаты испытания образцов кабеля марки Hold Cab EPR LV HF(AF) 4x2,5ок(N)-1

До старения							После старения						
№ образца	Толщина рабочего участка	Поперечное сечение	Разрывное усилие	Предел прочности на разрыв	Абсолютное удлинение	Относительное удлинение	№ образца	Толщина рабочего участка	Поперечное сечение	Разрывное усилие	Предел прочности на разрыв	Абсолютное удлинение	Относительное удлинение
	мм	мм ²	кгс	кгс/мм ²	мм	%		мм	мм ²	кгс	кгс/мм ²	мм	%
1	1,01	4,04	6,0	1,49	34	70	1	1,24	4,96	4,4	0,89	х	х
2	2,27	9,08	10,0	1,10	46	130	2	1,93	7,72	7,6	0,98	39	95
3	2,02	8,08	10,2	1,26	43	115	3	2,15	8,60	8,4	0,98	39	95
4	0,98	3,92	4,8	1,22	34	70	4	1,84	7,36	7,0	0,95	47	135
5	1,12	4,48	5,0	1,12	30	50	5	1,75	7,00	7,0	1,00	43	115
6	1,24	4,96	5,4	1,09	33	65	6	1,82	7,28	7,0	0,96	45	125
7	1,37	5,48	7,4	1,35	35	75	7	1,55	6,20	5,6	0,90	37	85
8	1,45	5,80	5,6	0,97	35	75	8	1,98	7,92	7,7	0,97	43	115
9	1,12	4,48	5,4	1,21	32	60	9	1,39	5,56	4,6	0,83	39	95
10	1,64	6,56	6,4	0,98	38	90	10	2,00	8,00	8,8	1,10	42	110
11	1,40	5,60	6,0	1,07	37	85							

Таблица А2 – Результаты испытания образцов кабеля марки Hold Cab EPR LV TSF(C) 4x25мк(N)-1

До старения							После старения						
№ образца	Толщина рабочего участка	Поперечное сечение	Разрывное усилие	Предел прочности на разрыв	Абсолютное удлинение	Относительное удлинение	№ образца	Толщина рабочего участка	Поперечное сечение	Разрывное усилие	Предел прочности на разрыв	Абсолютное удлинение	Относительное удлинение
	мм	мм ²	кгс	кгс/мм ²	мм	%		мм	мм ²	кгс	кгс/мм ²	мм	%
1	2,25	9,00	10,0	1,11	74	270	1	2,33	9,32	9,2	0,99	77	285
2	2,31	9,24	10,0	1,08	75	275	2	2,28	9,12	9,4	1,03	74	270
3	2,27	9,08	10,2	1,12	75	275	3	2,39	9,56	9,6	1,00	76	280
4	2,32	9,28	10,4	1,12	76	280	4	2,21	8,84	9,0	1,02	82	310
5	2,31	9,24	9,9	1,07	78	290	5	2,31	9,24	9,0	0,97	76	280
6	2,36	9,44	9,6	1,02	74	270	6	2,33	9,32	9,4	1,01	73	265
7	2,17	8,68	9,8	1,13	75	275	7	2,33	9,32	9,4	1,01	75	275
8	2,30	9,20	9,9	1,08	71	255	8	2,31	9,24	9,0	0,97	70	250
9	2,35	9,40	10,0	1,06	81	305	9	2,31	9,24	9,4	1,02	75	275
10	2,34	9,36	10,4	1,11	79	295	10	2,35	9,40	9,4	1,00	83	315
11	2,21	8,84	10,1	1,14	78	290	11	2,28	9,12	9,4	1,03	79	295

Продолжение таблицы А2 – Результаты испытания образцов кабеля марки Hold Cab EPR LV TSF(C) 4x25мк(N)-1

До старения								
№ образца	Толщина рабочего участка	Поперечное сечение	Разрывное усилие	Предел прочности на разрыв	Абсолютное удлинение	Относительное удлинение		
	мм	мм ²	кгс	кгс/мм ²	мм	%		
12	2,26	9,04	9,7	1,07	71	255		
13	2,37	9,48	9,8	1,03	76	280		
14	2,32	9,28	9,8	1,06	72	260		

Таблица А3 – Результаты испытания образцов кабеля марки Hold Cab EPR LV TSF(C) 3x2,5мк(N)-1

До старения							После старения						
№ образца	Толщина рабочего участка	Поперечное сечение	Разрывное усилие	Предел прочности на разрыв	Абсолютное удлинение	Относительное удлинение	№ образца	Толщина рабочего участка	Поперечное сечение	Разрывное усилие	Предел прочности на разрыв	Абсолютное удлинение	Относительное удлинение
	мм	мм ²	кгс	кгс/мм ²	мм	%		мм	мм ²	кгс	кгс/мм ²	мм	%
1	1,90	7,60	16,2	2,13	70	250	1	1,90	7,60	14,6	1,92	67	235
2	1,87	7,48	16,0	2,14	58	190	2	1,92	7,68	14,8	1,93	70	250
3	1,88	7,52	15,8	2,10	63	215	3	1,91	7,64	14,7	1,92	68	240
4	1,84	7,36	15,7	2,13	68	240	4	1,87	7,48	14,5	1,94	68	240
5	1,86	7,44	14,8	1,99	66	230	5	1,85	7,40	14,3	1,93	70	250
6	1,88	7,52	16,1	2,14	70	250	6	1,92	7,68	14,4	1,88	66	230
7	1,83	7,32	15,5	2,12	60	200	7	1,90	7,60	14,8	1,95	65	225
8	1,78	7,12	14,2	1,99	56	180	8	1,90	7,60	14,2	1,87	66	230
9	1,82	7,28	15,4	2,12	70	250	9	1,86	7,44	14,2	1,91	65	225
10	1,87	7,48	15,8	2,11	70	250	10	1,95	7,80	14,6	1,87	64	220
11	1,84	7,36	15,7	2,13	69	245							

Продолжение таблицы АЗ – Результаты испытания образцов кабеля марки Hold Cab EPR LV TSF(C) 3x2,5мк(N)-1

До старения							
№ образца	Толщина рабочего участка	Поперечное сечение	Разрывное усилие	Предел прочности на разрыв	Абсолютное удлинение	Относительное удлинение	
мм	мм ²	кгс	кгс/мм ²	мм	%		
12	1,84	7,36	14,8	2,01	61	205	
13	1,89	7,56	15,4	2,04	62	210	
14	1,90	7,60	16,4	2,16	67	235	
15	1,85	7,40	15,2	2,05	63	215	
16	1,92	7,68	16,4	2,14	70	250	
17	1,87	7,48	16,4	2,19	67	235	
18	1,79	7,16	15,6	2,18	65	225	
19	1,84	7,36	15,4	2,09	67	235	
20	1,81	7,24	15,6	2,15	66	230	
21	1,87	7,48	16,0	2,14	67	235	

Таблица А4 – Результаты испытания образцов кабеля марки Hold Cab EPR LV P(C) 4x2,5ок(N)-1

До старения							После старения						
№ образца	Толщина рабочего участка	Поперечное сечение	Разрывное усилие	Предел прочности на разрыв	Абсолютное удлинение	Относительное удлинение	№ образца	Толщина рабочего участка	Поперечное сечение	Разрывное усилие	Предел прочности на разрыв	Абсолютное удлинение	Относительное удлинение
	мм	мм ²	кгс	кгс/мм ²	мм	%		мм	мм ²	кгс	кгс/мм ²	мм	%
1	1,71	6,84	8,0	1,17	108	440	1	1,62	6,48	5,6	0,86	91	355
2	1,75	7,00	6,4	0,91	92	360	2	1,65	6,60	6,8	1,03	94	370
3	1,75	7,00	7,6	1,09	104	420	3	1,80	7,20	6,6	0,92	92	360
4	1,93	7,72	7,8	1,01	103	415	4	1,75	7,00	6,0	0,86	87	335
5	1,80	7,20	7,4	1,03	102	410	5	1,60	6,40	7,4	1,16	98	390
6	1,82	7,28	7,6	1,04	107	435	6	1,74	6,96	8,3	1,19	103	415
7	1,69	6,76	5,9	0,87	95	375	7	1,86	7,44	6,8	0,91	88	340
8	1,63	6,52	6,2	0,95	99	395	8	1,74	6,96	5,8	0,83	86	330
9	1,57	6,28	5,9	0,94	90	350	9	1,80	7,20	7,8	1,08	102	410
10	1,64	6,56	5,8	0,88	91	355	10	1,75	7,00	6,5	0,93	85	325

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ СТОЙКОСТИ ИЗОЛЯЦИИ (ОБОЛОЧЕК) КАБЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ К ДЕЙСТВИЮ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Г2В	Рыбакову Владимиру Андреевичу

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭКМ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения: • вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) • опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) • негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) • чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)	Закрытое сухое помещение, с хорошими условиями освещенности. В помещении установлено 3 климатические камеры и одна высоковольтная установка. Помещение оснащено вентиляционной системой, имеется естественное освещение. Уровень шума 70 дБА.
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	Средства защиты от вредных и опасных факторов перечислены на основе следующих документов: ГОСТ 12. 1.003 – 83, ГОСТ 12.1.005 – 88, ГОСТ 12.1.005 –88, ГОСТ 12.2.007.13-88.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: • 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)	Работы ведутся в помещении с нормальным уровнем освещения (люминесцентные лампы с суммарным уровнем освещенности не ниже 300 люкс в соответствии со СНиП 23-05-95, а также естественное освещение). Уровень шума в пределах нормы.
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности • механические опасности (источники, средства защиты);	При выполнении работ на лабораторном оборудовании, возможно короткое замыкание электропроводок (внешние электропроводки с ПВХ изоляцией в ПВХ оболочке). В связи с этим

• термические опасности (источники, средства защиты); • электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); • пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	в электрическую цепь установлены автоматические выключатели, имеющие все необходимые механизмы разрыва цепи (электромагнитный, тепловой и др. расцепители), а также в помещении имеется огнетушитель химический пенный ОХП-10. Вся электрическая цепь помещения оснащена заземлительным контуром выполненным в соответствии ГОСТ 12.1.013-78 пункт 1.3. Климатическая камера КТВСП-1, используемая в работе, имеет лампы сверхвысокого давления ДКСШ-1000. В установке имеются светопolarизационные окна для настройки, а персонал оснащен защитными масками из органического стекла.
3. Охрана окружающей среды: • 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 экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	Климатическая камера не несет опасных и вредных воздействий на окружающую среду (атмосферу, гидросферу, литосферу). Лампы утилизируются в соответствии с ГОСТ 12.2.007.13-88.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: • перечень возможных ЧС на объекте; • выбор наиболее типичной ЧС; • разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; • разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;	Разработан ряд действий в результате возникновения пожара и мер по ликвидации его последствий. В помещении имеется огнетушитель химический пенный ОХП-10, и разработан план эвакуации.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: • специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; • организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	• План помещения и размещения светильников • План эвакуации

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский А.Г.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2В	Рыбаков В.А.		

5. Социальная ответственность организаций при выполнении лабораторных исследований полимерных материалов

Введение

Безопасность жизнедеятельности представляет собой систему законодательных актов и соответствующих им социально - экономических, технических, гигиенических, организационных мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

В данной дипломной работе рассмотрим безопасность и экологичность исследования полимерных материалов. Безопасность включает в себя влияние опасных и вредных факторов, их анализ и меры их профилактики.

В настоящем разделе рассматриваются вопросы охраны труда и техники безопасности, связанные с работой в лаборатории, а так же разрабатываются мероприятия по предотвращению воздействия на здоровье работников лаборатории опасных и вредных факторов, создание безопасных условий труда для обслуживающего персонала.

5.1. Анализ опасных и вредных факторов

В процессе работы человек вступает во взаимодействие с предметами труда, орудиями труда, другими людьми. Также на него воздействуют параметры окружающей среды рабочей обстановки. От условий труда зависит отношение человека к труду и, естественно, результаты труда. При плохих условиях труда резко снижается работоспособность, соответственно повышается процент профессиональных заболеваний и травм. Под условиями труда подразумевается совокупность факторов производственной среды, оказывающих влияние на здоровье и производительность труда человека в процессе труда.

Рабочее помещение должно соответствовать количеству работающих и размещенному в них комплексу технических средств. Общие рабочие компоненты должны иметь естественное освещение, в сочетании с искусственным освещением в темное время суток. Окраска помещений существенно влияет на нервную систему человека, его настроение. Поэтому, необходимо окрашивать помещение в соответствии с цветом технических средств. Кроме этого выбор цвета определяется освещенностью помещения, чем выше отражение света стенами и оборудованием, тем выше освещенность.

Вредные и опасные факторы, воздействующие при эксплуатации оборудования на лаборанта, можно классифицировать следующим образом:

- санитарно – гигиенические факторы: нерациональное освещение, содержание вредных и отравляющих веществ в воздухе;
- организационно – технические факторы: неправильная организация труда и рабочего места (загроможденность помещения, присутствие ненужных и отсутствие необходимых для работы приборов и приспособлений), недостаточное обучение работников правилам техники безопасности.
- психофизические факторы: статические, динамические и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, утомление, эмоциональные перегрузки). Большое значение в процессе труда имеет организация рабочего места.

Изучение причин производственного травматизма даёт возможность разработать меры по их предотвращению. Важной организационной мерой является установление научно обоснованных норм по гигиене труда.

В лаборатории, где находятся различные электроустановки, могут воздействовать следующие опасные факторы:

- поражение электрическим током;
- статическое электричество;

И вредные факторы:

- электромагнитное излучение;
- недостаточная освещенность;
- повышенный уровень шума;
- неблагоприятные метеоусловия.

5.1.1. Анализ причин поражения электрическим током

Электробезопасностью является система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

К основным причинам воздействия тока на человека относятся случайные проникновения или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям, появление напряжения на металлических частях оборудования в результате повреждения изоляции и др.

Поражающее действие электрического тока зависит от значения и длительности протекания тока через тело человека, рода и частоты тока, места протекания тока, индивидуальных свойств человека. Наиболее опасным для человека является переменный ток с частотой 20 – 100 Гц. Опасной величиной тока является ток, равный 0,001 А, а смертельный 0,1 А. Также исход электропоражения зависит от состояния внешней среды. Существуют следующие виды электро воздействий на человека:

- термическое (ожог);
- электрическое;
- механическое (электрометаллизация);
- биологическое (паралич мышц, электрический удар).

Имеются предельно допустимые уровни (ПДУ) напряжений и токов. Мероприятия по защите от поражения электрическим током – защитное

заземление. Принцип действия защитного заземления: человек должен стоять внутри контура заземления и при попадании фазного напряжения на заземленный корпус прибора, под фазным напряжением окажется как корпус прибора, так и участок земли, на которой стоит человек. При прикосновении человека с прибором между его рукой и ногами не будет возникать разницы потенциалов, и ток через человека не потечет.

Работа над дипломным проектом велась в помещении без повышенной опасности [ПУЭ], т.е. оно не характеризовалось наличием таких условий, как:

- повышенная влажность (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%);
- высокая температура (более 30 оС);
- токопроводящая пыль,
- токопроводящие полы;
- возможность одновременного соприкосновения к имеющим соединение с землей металлическим предметам и металлическим корпусам электрооборудования.

5.1.2. Статическое электричество

Суть электризации заключается в том, что нейтральные тела, не проявляющие в нормальном состоянии электрических свойств, в условиях отрицательного контакта или взаимодействия становятся электрозаряженными. Опасность возникновения статического электричества проявляется в возможности образования электрической искры и вредном воздействии его на организм человека, причем не только при непосредственном контакте с зарядом, но и за счет действия электрического поля, возникающем при заряженном поле.

Основные способы защиты от статического электричества следующие: заземление оборудования, увлажнение окружающего воздуха.

5.1.3. Освещенность

Недостаточное освещение рабочего места и помещения является вредным фактором для здоровья человека, вызывающим ухудшение зрения. Неудовлетворительное освещение может, кроме того, являться причиной травматизма. Неправильная эксплуатация, так же как и ошибки, допущенные при проектировании и устройстве осветительных установок, могут привести к пожару, несчастным случаям. При таком освещении снижается производительность труда и увеличивается количество допускаемых ошибок.

Основные требования, которые предъявляются к освещению, заключаются в том, чтобы с его помощью создать наиболее благоприятные условия для работы зрительного аппарата человека. Кроме того, оно должно удовлетворять вопросам экономичности, надежности и безопасности.

Существует три вида освещения – естественное, искусственное и комбинированное.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения. В производственных и административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов). В лаборатории для работы над дипломным проектом используется комбинированный вид освещения.

Работа инженера-исследователя имеет третий разряд точности, т.е. при выполнении работ происходит большая нагрузка на органы зрения человека. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 - 500 лк, яркость светящихся поверхностей (окна

светильники и др.), находящихся в поле зрения, ≤ 200 кд/м², коэффициент пульсации ≤ 5 %.

Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Контроль естественного и искусственного освещения в производственных помещениях следует проводить один раз в год.

5.1.4. Шум

При работе в данной лаборатории шум возникает при воздействии внешних факторов, а также при работе с климатическими камерами.

Шум неблагоприятно воздействует на организм человека, вызывает психические и физиологические нарушения, снижение слуха, работоспособности, создают предпосылки для общих и профессиональных заболеваний и производственного травматизма, а также происходит ослабление памяти, внимания, нарушение артериального давления и ритма сердца.

В производственных помещениях при выполнении основных или вспомогательных работ с использованием климатических камер уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений, установленных для данных видов работ в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами.

Шумящее оборудование уровни шума которого превышают нормативные, должно размещаться вне помещений.

Уровни шума не должны превышать значений установленных в, и проводится не реже двух раз в год.

По СН 2.2.4/2.1.8.562-96 нормируются параметры шума и составляют:

- для лаборатории ПДУ составляет 75 дБА;
- для вентиляции ПДУ составляет 70 дБА;
- при работе с компьютером составляет 50 дБА.

Меры по борьбе с шумами:

- правильная организация труда и отдыха;
- снижение и ослабление шума;
- применение звукопоглощающих преград;
- применение глушителей шума;
- применение средств индивидуальной защиты от шума.

Общие требования безопасности для некоторых рабочих мест приведены в таблице .

Таблица Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука.

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Конструкторские бюро, программисты, лаборатории	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

5.1.5. Неблагоприятные метеоусловия

В помещении, где проводятся испытательные работы в силу различных причин, может появиться такой фактор, как отклонение температуры и влажности от норм. Это создает дискомфортные условия для работы человека. Кроме того, для создания комфорта, рабочее место должно быть оснащено гибким креслом.

Температура, относительная влажность и скорость движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений в холодный и переходный период должны соответствовать нормам.

В доступных местах лаборатории должны быть аптечки, укомплектованные необходимыми медицинскими средствами для оказания первой помощи пострадавшему. Должна быть также оборудована система пожарного оповещения, специальные места со средствами тушения пожаров.

5.2. Техника безопасности.

5.2.1. Электробезопасность.

Наибольшую опасность при эксплуатации различных электрических устройств - представляет поражение электрическим током вследствие присоединения к токоведущим частям аппаратуры и к частям прибора, находящимся под напряжением.

Возможность поражения электрическим током требует проведения мероприятий по его устранению:

- все лица, приступающие к работе с электрооборудованием, проходят инструктаж на рабочем месте, допуск к самостоятельной работе разрешается лишь после проверки знаний техники безопасности;

- осуществляется постоянный контроль качества и исправности защитных приспособлений и заземлении, ремонтно-наладочные работы на действующих электроустановках производится только с использованием защитных средств;

- эксплуатация электроустановок предусматривает введение необходимой технической документации; обеспечивается недоступность к токоведущим частям, находящимся под напряжением; корпуса приборов и электроустановок заземляются.

5.2.2. Производственная санитария

Производственная санитария – это система организационных технических средств, предотвращающих или уменьшающих воздействие работающих вредных производственных факторов.

Нормы по производственной санитарии и гигиене определяют устройство производственных и бытовых помещений, рабочих мест в соответствии с физиологией и гигиеной труда, а также безопасные пределы содержания в воздухе производственных помещений пыли, газов, паров и др.

Электрические и магнитные поля климатической камеры:

- Поверхностный электростатический потенциал - $\leq 500\text{В}$.
- Напряженность переменного электрического поля $f = 2\text{Гц}-2\text{кГц}$ - $\leq 25\text{В/м}$.
- Напряженность переменного электрического поля $f = 2\text{кГц}-400\text{кГц}$ - $\leq 2,5\text{В/м}$.
- Плотность потока переменного магнитного поля $f = 2\text{Гц}-2\text{кГц}$ - $\leq 250\text{нТл}$.
- Плотность потока переменного магнитного поля $f = 2\text{кГц}-400\text{кГц}$ - $\leq 25\text{нТл}$.

5.2.3. Микроклимат

Под микроклиматом производственной среды, согласно общим санитарным нормам, понимают сочетание температуры, относительной влажности воздуха и интенсивности теплового излучения. Перечисленные параметры оказывают огромное влияние на функциональную деятельность человека, его самочувствие, здоровье, надежность работы.

Работы делятся на три категории тяжести на основании общих энергозатрат организма. Работа, относящаяся к инженерам – разработчикам, относится к категории легких работ Іб. Оптимальные значения микроклимата для этого случая даны в таблице .

Таблица Требования к микроклимату

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	легкая Ib	21 - 23	40 - 60	0,1
Теплый	легкая Ib	22 - 24	40 - 60	0,1

Помещение, где находится рабочее место лаборанта, отапливается в зимнее время года и соответствует данным нормам.

Помещение и его размеры (площадь, объем) должны в первую очередь соответствовать количеству рабочих и размещенному в нем оборудованию.

Для обеспечения нормальных условий труда санитарные нормы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1031-01 устанавливают, что на одного рабочего должно приходиться 4,5 м² площади помещения и 20 м³ объема воздуха.

Помещение лаборатории имеет следующие параметры:

- длина помещения - 5 м;
- ширина - 4 м;
- высота - 3,5 м.

Исходя из этих параметров, площадь данного помещения составляет:

$$S = 5 \cdot 4 = 20 \text{ кв.м};$$

объем:

$$V = 5 \cdot 3,5 \cdot 4 = 70 \text{ куб.м.}$$

В лаборатории работает 2 человека. Значит, на каждого человека приходится 10 кв.м рабочей площади и 35 куб.м объема воздуха. Это удовлетворяет санитарным нормам.

5.2.4. Расчет искусственного освещения

В данной лаборатории используют искусственное и естественное освещение, поскольку работа в основном зрительная, то естественного освещения не достаточно, особенно в темное время суток.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда. При выборе типа светильников следует учитывать светотехнические требования, экономические показатели, условия среды.

В помещении в качестве источников искусственного освещения используются люминесцентные лампы типа ОД. Лампы ОД (открытые двухламповые) предназначены для помещений с хорошим отражением потолка и стен, допускаются при умеренной влажности и запыленности. Согласно санитарно – гигиеническим требованиям рабочее место должно освещаться естественным и искусственным освещением. Лаборант постоянно работает за ПВЭМ, напрягая при этом зрение. По нормам освещения [9] и отраслевым нормам освещения в помещении при работе с ПВЭМ рекомендуется 300 - 500 лк при общем освещении.

Помещение имеет размеры:

- а - длина помещения - 5 м;
- b - ширина - 4 м;
- h - высота - 3,5 м.

Методика расчёта освещения описана в литературе.

Рекомендуемая освещенность помещения, при среднем контроле различия с тёмным фоном, составляет $E=300\text{лк}$.

Коэффициент отражения светового потока от потолка, стен, соответственно равны: $q_p=70\%$, $q_c=50\%$, $q_z=10\%$. Уровень от рабочей поверхности до потолка составляет:

$$H = h - h_p - h_c$$

$$H = 3,5\text{ м} - 0,80\text{ м} - 0\text{ м} = 2,70\text{ м}$$

где h_p - высота рабочей поверхности;

h_c - расстояние светильников от перекрытия.

Для освещения используются светильники типа ОД мощностью 40 Вт, для которых оптимальность расположения светильников составляет $\lambda=1.4$. Расчетная длина между двумя рядами светильников:

$$L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 2,7 = 3,78\text{ м}$$

Число рядов светильников:

$$n = B/L = 4/3,78 = 1,1$$

где B – ширина помещения.

Выбираем $n=2$ ряда светильников. Тогда индекс освещения:

$$i = \frac{S}{(A+B) \cdot n} = \frac{20}{(5+4) \cdot 2} = 1,1$$

Зная коэффициенты отражения световых потоков от потолка, стен, пола в лаборатории, можно определить коэффициент использования светового потока:

$$\eta = \frac{q_n + q_c + q_z}{3} = \frac{70\% + 50\% + 10\%}{3} = 43\%$$

Световой поток лампы ЛБ составляет $F_0=2480$ лм. Тогда световой поток светильника ОД, состоящего из двух ламп: $F = 2 \cdot F_0 = 2 \cdot 2480 = 4960$ лм.

Определим необходимое число светильников в ряду:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot Z \cdot K}{n \cdot F \cdot \eta \cdot \gamma} = \frac{300 \cdot 20 \cdot 1.15 \cdot 1.5}{2 \cdot 4960 \cdot 0.43 \cdot 1} = 2.42 \approx 3$$

где $Z=1,15$ -коэффициент неравномерности освещения;

$\gamma=1$ – коэффициент затемнения;

$K=1,5$ – коэффициент запаса.

При длине светильника $l_{св}=0.933$ м, их общая длина составляет:

$$l_{общ} = N \cdot l_{св} = 3 \cdot 0.933 = 2.8 \text{ м}$$

Расстояние между светильниками

$$l = \frac{A - l_{общ}}{N + 1} = \frac{5 - 2.8}{3 + 1} = 0.55 \text{ м.}$$

Таким образом, в лаборатории необходимо установить три светильника в два ряда.

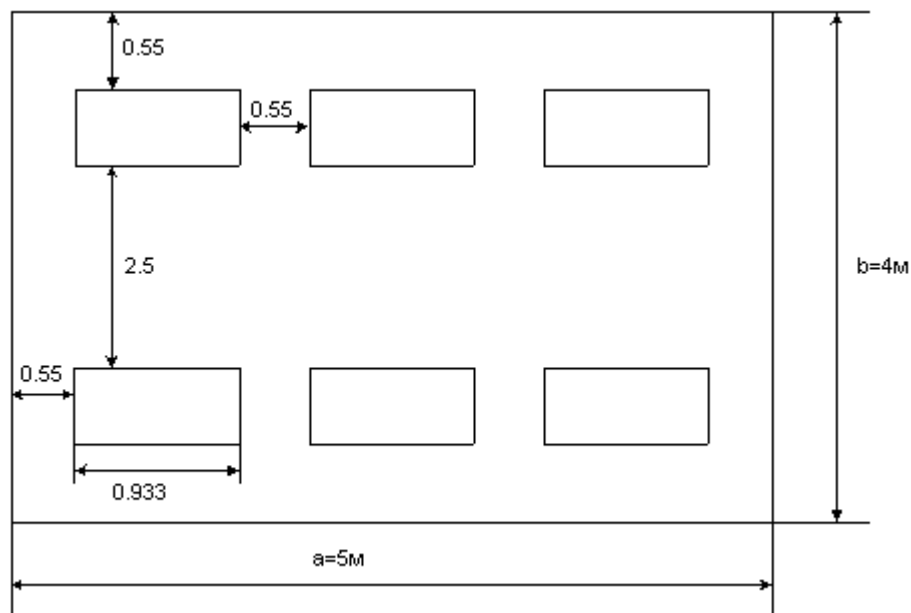


Рисунок План помещения и размещения светильников.

5.3. Пожарная безопасность

Пожаром называется неконтролируемое горение вне специального очага, наносящего материальный ущерб. Согласно понятие пожарная безопасность означает состояние объекта, при котором с установленной вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара и воздействия на людей опасных факторов пожара, а также обеспечивается защита материальных ценностей.

Помещение лаборатории по степени пожароопасности относится к классу П-2а, так как в нем отсутствует выделение пыли и волокон во взвешенном состоянии [ПУЭ].

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

- а) халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);
- б) самовоспламенение и самовозгорание веществ.

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для устранения причин возникновения пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия:

- а) сотрудники лаборатории должны пройти противопожарный инструктаж;
- б) сотрудники обязаны знать расположение средств пожаротушения и уметь ими пользоваться;
- в) необходимо обеспечить правильный тепловой и электрический режим работы оборудования;

г) пожарный инвентарь и первичные средства пожаротушения должны содержаться в исправном состоянии и находиться на видном и легкодоступном месте.

Необходимо предусмотреть ряд мер, направленных на обеспечение тушения пожара:

- обеспечить подъезды к зданию;
- обесточивание электрических кабелей;
- наличие пожарных щитов и ящиков с песком в коридорах, асбестовое полотно;
- наличие гидрантов с пожарными рукавами;
- тепловая сигнализация;
- телефонная связь с пожарной охраной;
- огнетушители: химический пенный ОХП-10.

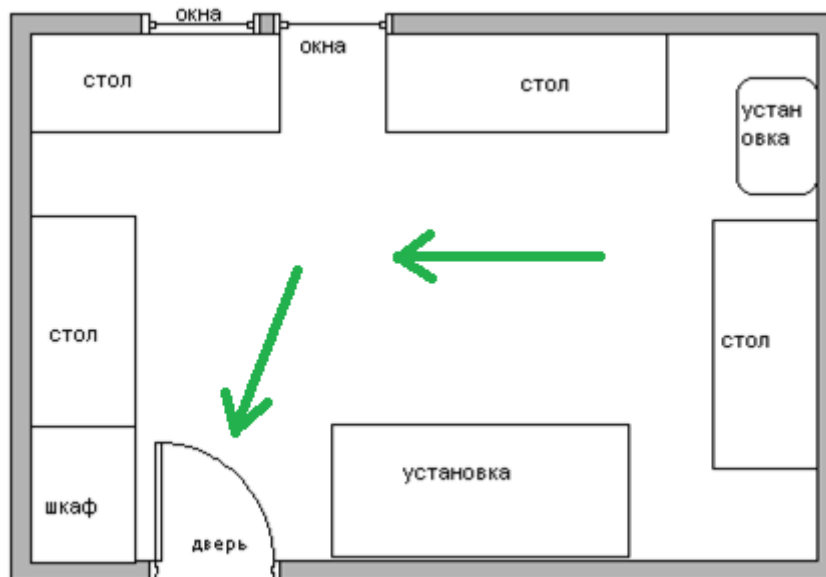


Рисунок План эвакуации.

5.4. Охрана окружающей среды

Проблема защиты окружающей среды - одна из важнейших задач современности. В последние годы во всем мире все с большей силой поднимается вопрос об охране окружающей среды.

Защита окружающей среды — это комплексная проблема, требующая усилий всего человечества. Наиболее активной формой защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий является полный переход к безотходным и малоотходным технологиям и производствам. Это потребует решения целого комплекса сложных технологических, конструкторских и организационных задач, основанных на использовании новейших научно-технических достижений.

Одна из самых серьезных проблем — потребление электроэнергии. С увеличением количества различных видов электрооборудования, внедряемых в производственную сферу, увеличится и объем потребляемой ими электроэнергии, что влечет за собой увеличение мощностей электростанций и их количества. И то и другое не обходится без нарушения экологической обстановки.

Рост энергопотребления приводит к таким экологическим нарушениям, как: изменение климата – накопление углекислого газа в атмосфере Земли (парниковый эффект); загрязнение воздушного бассейна другими вредными и ядовитыми веществами; загрязнение водного бассейна Земли; опасность аварий в ядерных реакторах, проблема обезвреживания и утилизации ядерных отходов; изменение ландшафта Земли.

Люминесцентные лампы, применяемые в лаборатории для освещения, содержат от 3 до 5 мг ртути, относящейся к 1-му классу токсичных отходов, т.е. "чрезвычайно опасные". Учитывая это, лампы требуют определенных условий для хранения, эксплуатации и утилизации. Согласно санитарным нормам отходы, содержащие ртуть, должны временно храниться в герметичных емкостях или контейнерах в закрытых помещениях,

исключающих доступ посторонних лиц. Их перевозка на полигоны складирования должна осуществляться специализированными лицензированными организациями. Размещение отходов на полигонах твердых бытовых отходов категорически запрещается!

Из этого можно сделать простой вывод, что необходимо стремиться к снижению энергопотребления, то есть разрабатывать и внедрять электрооборудование с малым энергопотреблением.

Стоит также отметить, что для снижения вреда, наносимого окружающей среде при производстве электроэнергии, необходимо искать принципиально новые виды производства электроэнергии.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Г2В	Рыбаков Владимир Андреевич

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭКМ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости рынка; Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ (количество исполнителей - 2 человека)
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	15 % доплаты и надбавки; 12-15 % дополнительная заработная плата; 30% районный коэффициент; 16% накладные расходы
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления по страховым взносам составляют 30,2 % от ФОТ на 2016 год

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки : - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта; - расчет сметы затрат: - материальные затраты; - оплата труда; - отчисления во внебюджетные фонды; - накладные расходы.
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определение интегрального показателя ресурсоэффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Матрица SWOT
2. Диаграмма Ганта
3. Бюджет проекта
4. Оценка ресурсоэффективности

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Трофимова М.Н.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2В	Рыбаков Владимир Андреевич		

ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Целью данного раздела является обоснование целесообразного использования технического проекта, выполняемого в рамках выпускной квалификационной работы, при этом детально рассматриваются планово-временные и материальные показатели процесса проектирования.

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

- Составление SWOT-анализа работы и эксплуатации ремонтно-механического цеха ферросплавного завода
- Планирование технико-конструкторских работ
- Определение ресурсной (ресурсосберегающей) эффективности проекта.

1. SWOT-анализ работы ремонтно-механического цеха ферросплавного завода

SWOT-анализ представляет собой метод анализа планирования производственной или научной деятельности, разделяющий факторы или явления на следующие категории: strengths (сильные стороны), weaknesses (слабые стороны), opportunities (возможности) и threats (угрозы), и состоящий из нескольких этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице .

Таблица - Матрица SWOT

	Сильные стороны: С1. Собственная научная и производственная база для исследований. С2. Соответствие материала необходимым техническим характеристикам. С3. Доработка недостающей информации о характеристиках исследуемого типа материала. С4. Квалифицированный производственный персонал.	Слабые стороны: Сл1. Затраты времени на проведение испытаний. Сл2. Дороговизна используемого материала по сравнению с аналогами. Сл3. Высокие требования к характеристикам исследуемого материала. Сл4. Необходимость сравнительного анализа характеристик.
Возможности: В1. Увеличение срока службы исследуемого объекта. В2. Использование продукта в агрессивных условиях эксплуатации. В3. Создание методики оценки ресурса кабельных изделий в исследуемых условиях.	В1С2С3С4; В2С1С2; В3С1С2С3;	В1Сл3; В2Сл2Сл3Сл4; В3Сл1Сл2Сл4;
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на материал У2. Введение дополнительных требований к материалу У3. Угрозы выхода из строя оборудования на основе исследуемого материала	У1С2С3; У2С1С2С3; У3С2С3;	У1Сл2Сл3; У2Сл1Сл2Сл3; У3Сл2Сл3.

На основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации.

При построении интерактивных матриц используются обозначения аналогичные самой матрицы SWOT с дополнением знаков (+,-) для подробного представления наличия возможностей и угроз проекта («+» – сильное соответствие; «-» – слабое соответствие).

Таблица - Интерактивная матрица возможностей

Возможности	Сильные стороны проекта				
		C1	C2	C3	C4
	B1	-	+	+	+
	B2	+	+	-	-
	B3	+	+	+	-
	Слабые стороны проекта				
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	-	-	+	-
	B2	-	+	+	+
	B3	+	+	-	+

Таблица - Интерактивная матрица угроз

Угрозы	Сильные стороны проекта				
		C1	C2	C3	C4
	У1	-	+	+	-
	У2	+	+	+	-
	У3	-	+	+	-
	Слабые стороны проекта				
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	-	+	+	-
	У2	+	+	+	-
	У3	-	+	+	-

Анализ интерактивных матриц, приведенных в таблицах и , показывает, что число сильных сторон у проекта количественно равно числу слабых. Аналогичная ситуация с количеством возможностей и угроз проведения исследований. Однако, если рассматривать возможности, то можно сделать вывод, что исследование будет эффективным, поскольку их влияние на сильные стороны проекта больше, чем на слабые. Что касается угроз, то влияние на сильные и слабые стороны одинаково.

2. Планирование научно-исследовательской работы

Планирование комплекса работ по научному исследованию состоит из нескольких этапов:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научного исследования.

2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения выпускной квалификационной работы требуются исполнители в лице научного руководителя (НР) и студента-дипломника (СД). Также определяется перечень этапов в рамках исследования. Соотношение этапов и исполнителей приведены в таблице .

Таблица - Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Обзор научной и технической литературы	Студент-дипломник
Проведение испытаний исследуемого объекта	3	Заготовка образцов исследуемого материала	Студент-дипломник
	4	Определение условий испытания	Студент-дипломник, научный руководитель
	5	Испытания образцов в соответствующих условиях	Студент-дипломник , научный руководитель
Обобщение и оценка результатов	6	Оценка результатов исследования	Студент-дипломник , Научный руководитель
Оформление отчета по научному исследованию	7	Составление пояснительной записки	Студент-дипломник
	8	Проверка выпускной квалификационной работы	Научный руководитель
Сдача выпускной квалификационной работы	9	Подготовка к защите ВКР	Студент-дипломник , Научный руководитель
	10	Защита ВКР	Студент-дипломник

2.2. Определение трудоемкости выполнения научного исследования

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях на основе ряда вероятностных оценок, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов, и рассчитывается следующим образом:

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot t_{mini} + 2 \cdot t_{maxi}}{5},$$

где $t_{ожі}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.;

t_{mini} - минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} - максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

где T_{pi} - продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ - численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Рассчитанные значения трудоемкости и продолжительности работы для выбранных исполнителей приведены в таблице .

Таблица - Календарная продолжительность работ

№	Название работы	Трудоёмкость работ, чел.-дн.						Длительность работ в рабочих днях	
		t _{min}		t _{max}		t _{ож} i			
		НР	СД	НР	СД	НР	СД	НР	СД
1	Составление и утверждение технического задания	1	-	2	-	1,4	-	1	-
2	Обзор научной и технической литературы	-	7	-	14	-	9,8	-	10
3	Заготовка образцов исследуемого материала	-	1	-	2	-	1,4	-	1
4	Определение условий испытания	1	1	3	3	1,8	1,8	2	2
5	Испытания образцов в соответствующих условиях	10	10	11	11	10,4	10,4	10	10
6	Оценка результатов исследования	1	3	3	5	1,8	3,8	2	4
7	Составление пояснительной записки	-	4	-	8	-	5,6	-	6
8	Проверка выпускной квалификационной работы	1	-	3	-	1,8	-	2	-
9	Подготовка к защите ВКР	2	2	5	5	3,2	3,2	3	3
10	Защита ВКР	-	1	-	1	-	1	-	1

Примечание: минимальное $t_{\min}$ и максимальное время $t_{\max}$ получены на основе экспертных оценок.

2.3. Разработка графика проведения технического проекта

Наиболее удобным и наглядным в данном случае является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ [1].

График строится для ожидаемого по длительности исполнения работ в рамках технического проекта, с разбивкой по месяцам и декадам за период

времени подготовки ВКР [10]. На основе таблицы 1 строим план-график проведения работ (таблица 2).

Таблица - Диаграмма Ганта

[illegible]

Исходя из составленной диаграммы, можно сделать вывод, что продолжительность работ занимает порядка полутора месяцев. Продолжительность выполнения технического проекта составит 40 рабочих дней. Из них для каждого в отдельности:

- 37 дней - продолжительность выполнения работ студента-дипломника;
- 20 дней - продолжительность выполнения работ научного руководителя.

3. Составление сметы затрат на разработку ТП

Смета затрат включает в себя следующие статьи []:

- материальные затраты;
- полная заработная плата исполнителей технического проекта;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

3.1. Расчет материальных затрат

К материальным расходам относятся расходы на сырье и материалы для производства товаров, инструменты, приспособления, инвентарь, приборы, лабораторное оборудование и другие.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{расхi},$$

где m - количество видов материальных ресурсов;

$N_{расхi}$ - количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию, ед.;

$Ц_i$ - цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов, руб./ед.;

k_T - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, представлены в таблице .

Таблица - Материальные затраты

Наименование	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Кабель HoldCabEPRLVHF(AF) 4x2,5ок(N)-1	6	450	3105
Кабель Hold Cab EPR LV TSF(C) 4x25 мк(N)-1	2	800	1840
Кабель Hold Cab EPR LV TSF(C) 3x2,5 ок(N)-1	6	500	3450
Кабель Hold Cab EPR LV P(C) 4x2,5 ок(N)-1	6	500	3450
Нож	1	200	230
Ножницы по металлу	1	500	575
Перчатки	1	30	34,5
Маркер	1	60	69
Линейка	1	20	23
Бумага	1	200	230
Ручка	2	15	46
<i>Итого</i>			13053

3.2. Расчет полной заработной платы исполнителей темы

Полная заработная плата включает основную и дополнительную заработную плату и определяется как [15]:

$$З_{\text{полн}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}},$$

где $З_{\text{осн}}$ - основная заработная плата;

$З_{\text{доп}}$ - дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата исполнителя рассчитывается, исходя из трудоемкости работ и квалифицированных исполнителей по следующей формуле []:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_p,$$

где $З_{\text{дн}}$ - среднедневная заработная плата работника, руб.;

T_p - продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле []:

$$З_{дн} = \frac{З_{тс} + З_{доп} + З_{р.к.}}{F_d},$$

где $З_{тс}$ - заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$З_{доп}$ - доплаты и надбавки, руб.;

$З_{р.к.}$ - районная доплата, руб.;

F_d - количество рабочих дней в месяце (26 при 6-дневной рабочей неделе, 22 при 5-дневной рабочей неделе), раб. дн.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 8.

Таблица - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$З_{тс}$, руб.	$З_{доп}$, руб.	$З_{р.к.}$, руб.	$З_{м.}$, руб.	$З_{дн}$, руб.	T_p , раб.дн.	$З_{осн.}$, руб.
Научный руководитель	17000	2550	5865	25415	1155	20	23105
Студент-дипломник	2600	390	897	3887	177	37	6537
<i>Итого</i>							29642

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн.},$$

где $k_{доп}$ - коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15) [].

Расчёт полной заработной платы приведён в таблице 9.

Таблица - Расчет полной заработной платы

Исполнители	$k_{доп}$	$З_{осн.}$, руб.	$З_{доп.}$, руб.	$З_{полн.}$, руб.
Научный руководитель	0,15	23105	3466	26571
Студент-дипломник	0,12	6537	784	7321
<i>Итого</i>		29642	4250	33892

3.3. Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам

государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot З_{\text{полн}},$$

где $k_{\text{внеб}}$ - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.) [14].

На 2016 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2 %.

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$З_{\text{внеб}} = 0,302 \cdot 33892 = 10235 \text{ руб.}$$

3.4. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не включенные в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

$$З_{\text{накл}} = \sum З \cdot k_{\text{нр}},$$

где $k_{\text{нр}}$ - коэффициент, учитывающий накладные расходы [14].

Величина коэффициента накладных расходов принимается в размере 16%.

3.5. Формирование сметы затрат технического проекта

Рассчитанная величина затрат технического проекта является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при заключении договора с заказчиком защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку технической продукции [].

Определение бюджета затрат на технический проект приведен в таблице 10.

Таблица - Смета затрат технического проекта

Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.	Доля, %
Материальные затраты ТП	13	19,1
Затраты на оплату труда	33,9	49,9
Отчисления во внебюджетные фонды	10,2	15,0
Накладные расходы	10,9	16,0
<i>Итого</i>	<i>68,0</i>	<i>100</i>

Исходя из сметы затрат, на технический проект требуется 68 тыс.рублей. Согласно диаграмме Ганта продолжительность всей работы составила 40 рабочих дней.

4. Определение ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности по формуле []:

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

где I_{pi} - интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i - весовой коэффициент разработки;

b_i - балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Оценку характеристик проекта проведем на основе критериев, соответствующих требованиям к исследуемому изоляционному материалу и готовому кабельному изделию:

1. Стойкость - одно из свойств полимера, характеризующее возможность изменения его характеристик при воздействии внешних факторов.
2. Безотказность - это свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки.

3. Негорючесть - это комплексная характеристика материала или конструкции кабельного изделия противостоять возгоранию и распространению процесса горения.
4. Эластичность - это свойство полимерного тела восстанавливать свою форму и размеры после прекращения действия внешних сил.
5. Дешевизна - низкий уровень цен на используемые в конструкции материалы.
6. Экологичность - это свойство, характеризующее безопасное влияние на окружающую среду при обработке или переработке материала.

Критерии ресурсоэффективности и их количественные характеристики приведены в таблице .

Таблица - Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка
1. Стойкость	0,20	5
2. Безотказность	0,22	5
3. Негорючесть	0,15	4
4. Эластичность	0,18	4
5. Дешевизна	0,10	3
6. Экологичность	0,15	5
<i>Итого</i>	<i>1,00</i>	

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности технического проекта составит []:

$$I_p = 5 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,22 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,18 + 3 \cdot 0,10 + 5 \cdot 0,15 = 4,47$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение (по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности использования технического проекта. Высокие баллы стойкости и безотказности позволяют судить о надежности используемого материала.

В результате выполнения поставленных задач по данному разделу, можно сделать следующие выводы:

- в результате проведения SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны выбора технического проекта. Установлено, что технический проект будет эффективным, так как влияние возможностей на сильные стороны проекта больше, чем на слабые, когда количество сильных и слабых сторон одинаково;
- при планировании технических работ был разработан график занятости для двух исполнителей, составлена ленточная диаграмма Ганта, позволяющая оптимально скоординировать работу исполнителей;
- составление сметы технического проекта позволило оценить первоначальную сумму затрат на реализацию технического проекта в размере 68 тыс.рублей;
- оценка ресурсоэффективности проекта, проведенная по интегральному показателю, дала высокий результат (4,47 по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности реализации технического проекта.