

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

Институт Энергетический

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Кафедра Электротехнических комплексов и материалов

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка импортозамещающей конструкции шахтного кабеля

УДК 621.315.2.002:622.333.012.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГЗВ	Климов Александр Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Щербакова Юлия Михайловна			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Грахова Елена Александровна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Извеков Владимир Николаевич	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭКМ	Гарганеев Александр Георгиевич	д.т.н., профессор		

Томск – 2017 г.

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

Энергетический институт

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Кафедра Электромеханических комплексов и материалов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ЭКМ

(Подпись) _____ (Дата) Гарганеев А.Г.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5ГЗВ	Климову Александру Сергеевичу

Тема работы:

Исследование
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Гибкий шахтный кабель на напряжение 3.3 кВ
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Литературный обзор 2. Расчетная часть
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Презентация выполненная в редакторе «MicrosoftPowerPoint 2010»

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
Социальная ответственность	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭКМ	Щербакова Юлия Михайловна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГЗВ	Климов Александр Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕДИНЕНИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5ГЗВ	Климов Александр Сергеевич

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 альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Обоснование и SWOT-анализ научного исследования
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				

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГЗВ	Климов Александр Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Г3В	Климов Александр Сергеевич

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Расчет конструкции шахтного кабеля
--	------------------------------------

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения 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). 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).	– метеопараметры; – напряженность зрения; – напряженность труда; – освещенность; – электромагнитные излучения; – шум. Разработка организационных и технических мер по нормализации уровней факторов и защите от их действия
2. Экологическая безопасность: – 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	– анализ воздействия объекта ВКР и области его использования на ОС; – разработка решений по обеспечению экологической безопасности

на НТД по охране окружающей среды.	
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Выбор и описание возможных ЧС; типичная ЧС – пожар. – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– специальные правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны оператора.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры ЭБЖ	Извеков В. Н.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГЗВ	Климов Александр Сергеевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа объемом 81 страницы, содержит 18 рисунков, 21 таблиц, 20 использованных источника.

Актуальность работы заключается в следующем: условия проведения горных работ под землей приравниваются к экстремальным. Для осуществления всех подземных процессов, связанных с добычей и подъемом полезных ископаемых на поверхность, используется самая современная техника и оборудование. Шахтные кабели являются единственной возможностью подачи электрического питания передвижным машинам и механизмам, работающим под землей.

Кабели для горных разработок являются самыми уязвимыми звеньями в шахтной системе. На их долю приходится 40% аварий. Причиной незащищенности кабеля от повреждений можно назвать его большую протяженность. Поэтому к шахтным кабелям применяются жесткие требования правильность расчета конструктивных элементов кабеля и выбор материалов является важным условием безотказной работы шахтного кабеля для горных разработок.

Структура работы: литературный обзор шахтных кабелей, расчет конструкции шахтного кабеля, расчёт электрических и тепловых характеристик кабеля, расчёт массы кабеля, финансовый менеджмент и социальная ответственность.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе MicrosoftWord 2010.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	9
1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	10
1.1 Назначение, классификация и условия эксплуатации шахтных кабелей	10
1.1.1 Шахтные кабели стационарной прокладки	12
1.1.2 Шахтные кабели гибкие	13
1.2 Конструкции шахтных кабелей и применяемые в них материалы	17
1.2.1 Кабели изготавливаемые за рубежом.....	24
1.2.2 Кабели марки КГЭШ	28
1.3 Перспективы развития, совершенствование конструкций шахтных кабелей	30
2. РАСЧЁТ И ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ КАБЕЛЯ	32
2.1 Расчёт конструктивных элементов кабеля.....	32
2.1.1 Токопроводящая жила	34
2.1.2 Изоляция и другие покровы	38
2.2 Расчёт электрических характеристик кабеля.....	40
2.3 Тепловой расчёт кабеля	42
2.4 Расчёт массы кабельного изделия	44
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	48
3.1. Обоснование и SWOT-анализ научного исследования	48
3.2. Планирование научно-исследовательской работы	51
3.3. Составление сметы затрат на разработку научного исследования.....	56
3.4. Определение ресурсоэффективности исследования.....	61
4.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	65
4.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды	74
4.3 Охрана окружающей среды.....	75
4.4 Защита в чрезвычайных ситуациях	77
4.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	82
Список использованных источников	83

ВВЕДЕНИЕ

Ни для кого не секрет, что минеральное топливо и другие полезные ископаемые вещества в приповерхностных слоях грунта стремительно истощаются, что приводит к необходимости разработки все более глубоких месторождений. С ростом глубины шахты значительно увеличиваются нагрузки на силовые кабели, проложенные внутри, соответственно ужесточаются требования по различным параметрам, и кабельные изделия успешно эксплуатировавшиеся до этого уже не удовлетворяют новым требованиям. Расширение номенклатуры изделий является одной из актуальных задач проектирования.

Питание оборудования шахт осуществляется силовыми кабелями на напряжение от 660 В до 10 кВ, в том числе гибкими кабелями. В работе наибольший интерес представляет именно гибкий тип кабелей, поскольку проектируемое изделие относится к данному типу.

Шахтные кабели являются слабым звеном системы электроснабжения подземных коммуникаций ввиду их уязвимости к разного рода воздействиям, наибольшую опасность из которых представляют механические: наезд подвижного оборудования, продавливание или разрубание рабочим инструментом, растяжение и др.

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Назначение, классификация и условия эксплуатации шахтных кабелей

Шахтные кабели предназначены для распределения электрической энергии и питания электрических машин, работающих в шахтах. В том случае, когда добыча полезных ископаемых ведется под землей, электрооборудование перемещается вместе с продвижением основной рабочей области. Поэтому силовые кабели необходимо тянуть за оборудованием.

Шахтные кабели подвергаются разнообразным нагрузкам. Динамические нагрузки, условно можно разделить на:

- Ударные нагрузки (стохастические) – это такие нагрузки, которые имеют случайный (стохастический) характер и вызваны резким повышением контактного давления на кабель. Примерами служат обрушение породы, удар инструмента, наезд транспорта и т.д. Следует отметить, что в большинстве случаев, нагрузки этого типа ведут к разного рода повреждениям покровов кабеля или даже жил;[2]

- Циклические нагрузки – это те нагрузки, что воздействуют на изделие в течение всего периода эксплуатации и повторяются периодически. Такие нагрузки ведут к истиранию оболочки, резаным или колотым повреждениям покровов, обрыву жил, а также может привести к закручиванию кабеля. [2]

После разматывания с барабанов, на которых кабель транспортируется и хранится, он неизбежно частично сохранит «привычную» форму, то есть будет стремиться принять скрученное положение. При этом будут образовываться изгибы и петли разных диаметров. Со временем кабельное изделие под действием собственного веса выпрямляется и остается в таком положении на весь период эксплуатации. Если же на петлю упадет массивный объект, такой как кусок породы, то не имея возможности

распрямиться в этом месте, кабель завязывается в узел с соответствующими вытекающими из этого повреждениями покровов и отдельных проволок жил. [1]

Порезы и проколы покровов кабельного изделия возможны только при протягивании последнего среди острых кромок пород, оборудования, например, конвейерных скребков. [7]

Разного рода обрывы кабельного изделия довольно частое явление при эксплуатации среди кусков породы или среди оборудования, где возможно заклинивание кабельного изделия между таковыми. Если не прекратить поступательное движение кабеля, то очевидно тот оборвется вследствие усилия превышающего критическое или иными словами предельное. Тогда может возникнуть одно из самых нежелательных повреждений – разрыв изоляции под оболочкой.

Полное или частичное раздавливание изоляции возможно при переезде кабельного изделия производственным оборудованием, при обрушении пород. Очевидно, раздавливание может быть не только частичным, но и полным, то есть до обнажения токопроводящей жилы.

Из всего вышеизложенного следует, что действие нагрузок по кручению, растяжению и перегибу на кабельные изделия шахтного типа вполне реально может привести к серьезным повреждениям и отказу кабеля. В лучшем случае изделие сократит свой срок службы, причем в значительной степени, поскольку в места повреждения проникают факторы деструкции: влага, пыль, активные среды. Для того, чтобы минимизировать ущерб от подобных повреждений, кабели шахтного исполнения проектируются и изготавливаются по умышленно завышенным требованиям по механической стойкости.

Классификация кабелей шахтного исполнения

Шахтные кабели, как и другие кабельные изделия, в первую очередь делятся на кабели для стационарной или частично стационарной прокладки и гибкие кабели для эксплуатации при регулярном изгибе изделия.

1.1.1 Шахтные кабели стационарной прокладки

Сеть электроснабжения шахты располагается как внутри, так и снаружи. Силовые кабели и способ прокладки подбираются в соответствии с условиями эксплуатации. На рис.1. представлена типовая структура бронированного силового кабеля для стационарной прокладки на напряжение от 6 до 35 кВ.

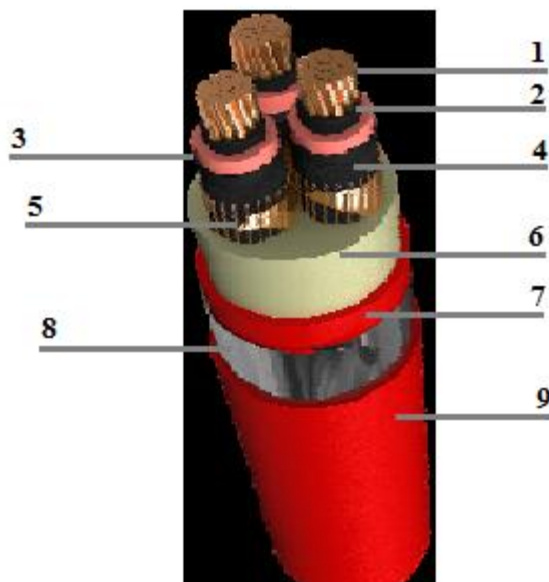


Рис. 1. Стационарный силовой кабель на напряжение 6 – 35 кВ: 1 – токопроводящая жила; 2 – внутренний полупроводящий слой; 3 – изоляция; 4 – внешний полупроводящий слой; 5 – экран из медных лент; 6 – внутренняя оболочка; 7 – подушка брони; 8 – броня; 9 – внешняя оболочка.

1. Стационарные силовые кабели классов гибкости до второго включительно для питания установок прокладываются открыто в лотках, траншеях, каналах и так далее. Изоляция таких кабелей – бумажная или пластмассовая; оболочка – из химически стойких резин и пластмасс. Жилы – медные, мягких марок.

2. Шахты запитываются главной линией 70 кВ при помощи силового кабеля со стальным сердечником для вертикальной прокладки. Изоляция

таких кабелей изготавливается из бумаги электротехнического назначения, пропитанной нестекающим составом. Броня, если таковая имеется, изготавливается из проволок и маркируется буквой «К» в условном обозначении кабельного изделия. [2]

Схема классификации шахтных кабелей, представлена на рис. 2.

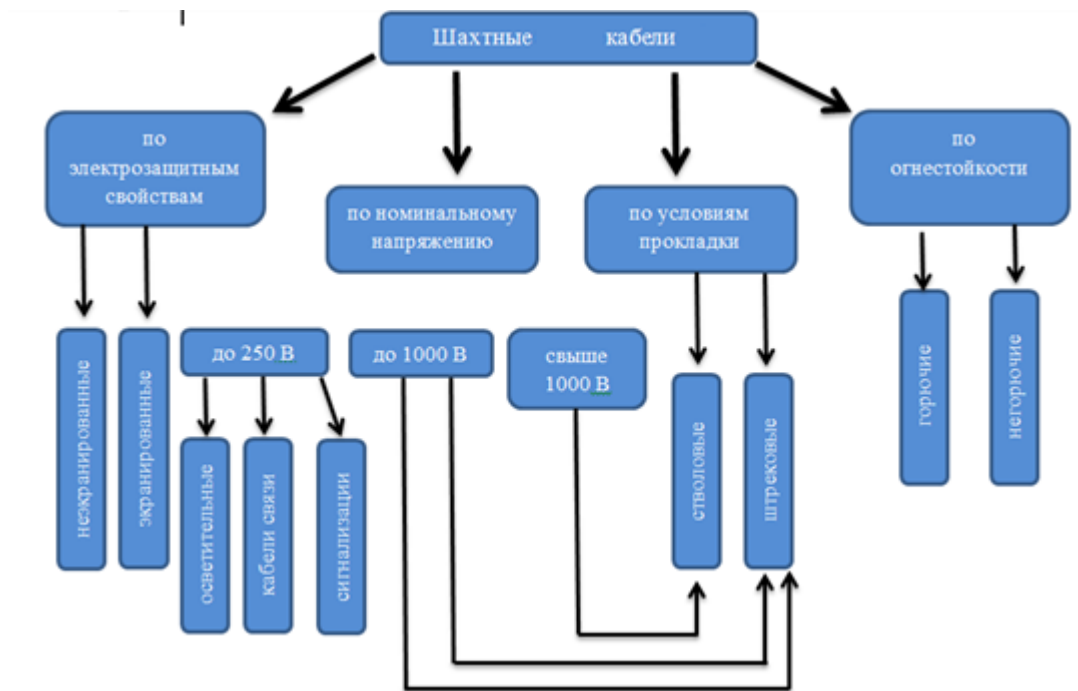


Рис. 2. Классификация шахтных кабелей

1.1.2 Шахтные кабели гибкие

Гибкие силовые кабели используются для питания подвижного оборудования или подвижных частей механизмов. На рис. 3 и рис. 4 представлены изображения гибких кабелей.



Рис. 3. Гибкий бронированный силовой кабель.



Рис. 4. Гибкий кабель для комбайнов

Классификация кабелей по различным признакам в условиях прокладки нестационарного типа приведена ниже.

Классификационный признак	Разновидности по указанному признаку		
гибкость	гибкие	повышенной гибкости	особой гибкости
количество основных жил	от 1 до 6 сечением от 0,75 до 300 кв. мм		
количество вспомогательных жил	от 1 до 12 сечением от 0,75 до 10 кв. мм		
количество жил заземления	от 1 до 3 (в том числе расщепленных) сечением от 0,75 до 120 кв. мм.		
основной	резина	резина,	пластиковая

изоляционный материал			негорючая			
номинальное напряжение, кВ	0,22; 0,38	0,44; 0,66	1,43	3	6	10

Жилы гибких кабелей всегда выполнены из проволок мягкой меди, скручены в несколько повивов. В отдельных случаях жилы делаются лужеными для повышения коррозионной стойкости.

Также в соответствии с ГОСТ 15150-69 «Климатические исполнения» все электротехнические единицы делятся по типам климата: умеренный, умеренно-холодный, тропический сухой, тропический влажный, тропический, общеклиматический.

По категории размещения: открыто, под навесом, в неотапливаемом помещении, в отапливаемом помещении, в помещении повышенной влажности.

Конструкции гибких шахтных кабелей.

Промышленность выпускает широкий спектр кабельных изделий в соответствии с определенными требованиями, предъявляемыми к ним:

- стойкость к механическим нагрузкам;
- повышенная влагостойкость;
- теплостойкость;
- пожаробезопасность;
- электроизоляционные качества соответствующие классу напряжения.

На рисунках 5 и 6 представлены изображения общего вида кабелей КГТЭКШ и КГЭТШ, предназначенных для питания передвижных комбайнов.



Рис. 5. Общий вид гибкого силового кабеля марки КГТЭКШ

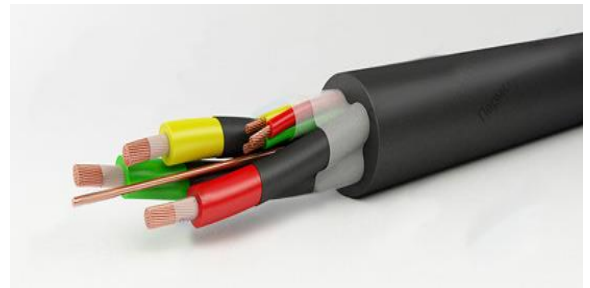


Рис. 6. Общий вид гибкого силового кабеля марки КГЭТШ

Гибкие шахтные кабели по назначению можно разделить на две группы: кабели для питания машин и кабели для питания ручного электроинструмента.

Крупногабаритное, мощное подвижное оборудование питается электроэнергией номинального напряжения от 11,4 до 3,3 кВ. Соответственно в зависимости от категории оборудования питающий кабель проектируется с различным количеством токопроводящих жил. Также кабели могут иметь вспомогательные жилы для цепей управления.

Изоляция известных шахтных кабелей резиновая, марки РТИ-1. Следует уточнить, что марка имеет модификации различной теплостойкости, а также модификации по иным признакам, но последние в данной работе не

имеют фактического значения, поскольку проектируемый кабель имеет строго обозначенные условия эксплуатации.

Для кабелей на номинальное напряжение 11,4 кВ толщина изоляции составляет $\Delta_{из} = 1,6 - 2,2$ мм для основных жил и $\Delta_{из} < 1,2$ мм для вспомогательных жил.

Токопроводящие основные жилы обязательно имеют экран: отдельно для каждой фазы поверх изоляции или в виде поясного экрана для всех жил сразу. Толщина экрана составляет не более 0,5 мм. Вспомогательные жилы также могут иметь экран, если того требуют условия эксплуатации установки, а также располагаться в одном появиве с основными ТПЖ. Экран как правило накладывается поверх изоляции.

Изоляция на заземляющих жилах может отсутствовать, имея таким образом лишь общую с основными жилами поясную изоляцию и оболочку. Такие жилы могут иметь собственную электропроводящую оболочку толщиной $\Delta_{оз} < 1,2$ мм.

Для облегчения технологических процессов жилы, скрученные в стренгу оборачиваются лентой из полиэтилентерефталата, что зачастую не обозначается в конструкции кабеля при его проектировании, поскольку может не иметь практического значения, как только технологический процесс по изготовлению кабеля будет закончен. В том случае, когда гибкому кабелю необходимо обеспечить возможность свободно изгибаться, для скольжения слоев также применяют ленту ПЭТ-Э, что указывается в технической документации.

Для повышения и без того высокой механической стойкости к периодическим нагрузкам в одном появиве с основными жилами скручивается стальной сердечник.

Поверх сердечника накладывается экран из электропроводящей резины или оболочка из резины мягкой марки.

Внешняя оболочка изготавливается из резины шланговых марок с высокой механической прочностью, влаго-, масло- и бензостойкостью. Совершенно очевидно, что для эксплуатации в шахте оболочка должна быть нераспространяющей горение и не выделяющей токсичных веществ.

В определенных случаях в оболочку может быть вшита полимерная нить, усиливающая механическую прочность по принципу армирования. В таком случае оболочка технологически накладывается в два слоя.

1.2 Конструкции шахтных кабелей и применяемые в них материалы

Ранее было обозначено, что среди важнейших показателей качества кабельного изделия для горной промышленности механическая прочность занимает одно из первых мест. Если изоляция жил выполнена из мягких марок резины, обладающей высокой гибкостью, то в основном дальнейшая гибкость зависит от решений в конструктивном исполнении жил: шаг/кратность скрутки, тип скрутки и др. С целью совершенствования механических свойств, в частности гибкости, жилы скручиваются в несколько повивов однонаправленно, причем основные жилы в одну сторону, а вспомогательные в другую.

В шахтных кабелях используются электропроводящие резины типов: РЭ-1, РЭ-2, РЭ-3, РЭМ-2, РЭМ-3 (для общих экранов). Электропроводящая резина должна иметь высокие механические характеристики, быть достаточно жесткой, иметь хорошую адгезию к изоляционным резинам и ТПЖ.

Для изготовления экранов наибольшее распространение нашла марка электропроводящей резины ЭПШ-30, которая состоит из: бутадиен-нитрильный каучук, альтакс, тиурам, амин Б, оксид цинка, стеарин, дибутилфталат, мел сепарированный, ацетиленовой сажи П-267Э, графит ГЭ-3.

Для уменьшения давления на изоляцию применяют амортизацию. В качестве амортизатора выступает резиновый сердечник марки РЗ,

располагающийся в центре кабеля. Таким образом обеспечивается стойкость изоляции к продавливанию без вмешательства в рецептуру изоляционного материала.

Жила. Сечение основных и вспомогательных жил сильно варьируется от возлагаемой на них нагрузки по току. Все жилы изготавливаются из меди мягких марок высокого класса гибкости. Жилы скручиваются в стренги повивами из множества проволок по схеме 1+6, где 1 проволока находится в центре, а 6 остальных оборачиваются вокруг нее. Последующие повивы наращивают по 6 проволок относительно предыдущего слоя. Сложная пучковая скрутка ведется в одном направлении и все элементы стренги тоже скручены в том же направлении. Это обеспечивает механическую стойкость и гибкость жил.

Изоляция любого кабельного изделия должна отвечать требованиям по электрической прочности в соответствии со своим классом напряжения. Однако к шахтным кабелям предъявляются особые требования по гибкости изоляции. В шахтных кабелях применяются резины, способные сохранять свои электроизоляционные свойства в широком температурном диапазоне.

По типу среды, в которой кабель эксплуатируется, можно разделить резины на следующие группы:

1. Резины для эксплуатации в нормальных условиях (НУ);
2. Резины с повышенной влагостойкостью (низкой гигроскопичностью);
3. Резины повышенной электрической прочности (напряжения пробоя).

Нормальными условиями для работы кабельного изделия считается напряжение не более 3 кВ при условии отсутствия существенных механических нагрузок. Влажность при этом не должна быть больше 90%. В таблице 3 приведены характеристики электрической прочности резин. Одним из каучуков, применяемым для нормальных условий является резина РТИ-1 на основе натурального каучука. Для относительного удешевления резины

без значительных потерь свойств натуральный каучук НК совмещают с синтетическим. При этом вулканизирующим агентом как правило является тиурам или перекиси бензоила, дикумила. Активатором сшивки выступают фенолформальдегидные смолы, которые к тому же повышают теплостойкость благодаря синергии с тиурамом. Длительно допустимая (рабочая) температура резин составляет до 65 °С. В качестве мягчителей применяются парафин, вазелин, в отдельных случаях масла. Как указано в [5], концентрация мягчителей задает скорость последующей вулканизации.

Таблица 2. Электрическая прочность каучуков

Тип каучука	$E_{пр}$, кВ/мм
Натуральный (НК)	21
Синтетический изопреновый (СКИ-3(ЗД))	17
Синтетический бутадиеновый (СКД)	20
Бутадиен-стирольный (СКС)	26
Бутил-каучук	22-23
Этилен – пропиленовый (СКЭП (Т))	25

На физико-механические свойства композиции оказывают значительное влияние наполнители, которые могут быть активными – повышающими характеристики и неактивными – никак не влияющими на свойства композиции. В таблице 4 приведены некоторые типы наполнителей и их влияние на пробивную напряженность поля:

Таблица 3. Влияние наполнителя на электрические характеристики

Тип наполнителя	$E_{пр}$, кВ/мм
НК + тальк высокодисперсный	50
НК + мел химически осаждённый	40,5
НК + мел сепарированный	35
НК + каолин	36
НК + белая сажа	34

Влагостойкие каучуки НК, СКБ, СКИ неполярны и обладают меньшей гигроскопичностью, чем полярные каучуки. Содержание как натуральных так и синтетических каучуков в данных резинах 40 – 50 %. Гигроскопичность находится под влиянием наполнителя и может нести в себе не только положительные свойства, но и негативно отразиться на некоторых параметрах композиции. Например, тальк будучи введенным в композицию уменьшает не только гигроскопичность, но и эластичность. Именно поэтому тальк всегда применяется в сочетании с маслом в соотношении 50-70 массовых долей от массы наполнителя. [5]

Резины высоковольтного исполнения обладают превосходными электроизоляционными показателями пробивного напряжения и тангенса угла диэлектрических потерь и предназначены на рабочее напряжение свыше 3 кВ. Помимо высоких показателей электрической прочности и потерь эти резины обладают высокими теплостойкостью и гигростойкостью. Однако им присущ один серьезный недостаток, ограничивающий их применение – низкая озоностойкость. Под действием озона в оболочке кабеля образуются трещины как микроразмеров, так и макроскопические. Это связано с тем, что в данном типе каучуков высокая степень насыщения озоном, а чем менее насыщен материал озоном, тем более он уязвим к его действию. Уже при относительном удлинении 20% образуются микротрещины, которые с течением времени или под действием нагрузки разрастаются в макротрещины.

Классификация каучуков по озоностойкости

Далее приведен ряд каучуков в порядке улучшения указанного свойства:

- а) Каучук на основе СК;
- б) Каучук на основе СКС;
- в) Бутадиен-нитрильный каучук;
- г) Каучук на основе изопрена;
- д) Бутил-каучук;

е) Этилен-пропиленовый каучук.

Следует отметить, что низкая озоностойкость не является поводом для полного ограничения применения материалов, поскольку возможны их модификации путем введения в композицию антиозонантов, уменьшения объема воздушных включений при производстве. Также можно применять композиции на основе каучуков с меньшей неопределенностью, вносить изменения в конструкцию в виде электропроводящего экрана поверх токопроводящих жил.

С типом резины также связан такой параметр, как максимальная допустимая рабочая температура, то есть та температура, действие которой не приведет к нарушению работы изделия. Для кабелей с резиновой оболочкой из натурального или синтетического каучука не превышает $t_{\text{раб}} \leq 65^\circ\text{C}$, на основе ЭПК (этиленпропиленового каучука) - $t_{\text{раб}} \leq 85-90^\circ\text{C}$, на основе кремнийорганического каучука - $t_{\text{раб}} \leq 180^\circ\text{C}$.

Экраны предназначены для обеспечения защиты от короткого замыкания с последующими повреждениями. Они должны обеспечить как можно больший ток короткого замыкания для того, чтобы релейная защита и автоматика сработала с высокой степенью надежности. В связи с этим экран накладывают сразу поверх изоляции. Кроме того экран должен выравнивать потенциал вокруг жилы, то есть на ее поверхности.

Кабельные изделия на номинальное напряжение выше 6 кВ имеют в своей конструкции экран, способный полностью исключить образование озона, частичных разрядов и короны.

Экран должен соответствовать определенным требованиям, а именно:

- а) Иметь наименьшее удельное электрическое сопротивление;
- б) Высокие гибкость и прочность на разрыв;
- в) Иметь превосходную адгезию по отношению к изоляции для обеспечения вышеуказанных качеств;
- г) Должен без труда удаляться при установке
- д) Технологичность и др.

Металлические экраны изготавливаются из небольшого ряда материалов, включающего медь, сталь, олово. Экран наносится проволоками, формируя сеть, оплетающую полуфабрикат. Кроме того, возможно изготовление оплетки из скрученных в пучок проволок – стренг.

Резиновые экраны. Экраны, изготавливаемые из каучуков, содержащих профодящие включения, будь то металл или сажа имеют отличные показатели экранирования, но при этом оказывают негативное влияние на срок эксплуатации оборудования из-за своих тенденций к истиранию покровов кабельного изделия. Достоверно известно, что резины с металлическим наполнителем имеют меньшее удельное электрическое сопротивление, чем резины с графитовым или углеродным наполнителем. При этом определенное немалое влияние на электропроводность резины оказывает дисперсность углерода и графита и способность их образовывать сетчатую электропроводящую структуру. [2]

Оболочка кабельного изделия испытывает разнообразные, как было ранее сказано, нагрузки механического рода. Также в зависимости от конкретных условий эксплуатации оболочка может подвергаться негативному действию окислителей, влаги, кислот и эфиров, и многих других веществ. При этом температура работы кабелей варьируется от -40 до +50 °С. Гибкий кабель должен сохранять свои механические показатели на всем диапазоне вредных факторов, поэтому к оболочке предъявляются очень высокие требования, особенно в шахтах. В отечественной практике оболочка выполняется, как правило, из кабельных резин. Свойства оболочки зависят от состава материала (табл.5).

Таблица 4. Влияние типа каучука на механические свойства резин

Показатели		НК	СКИ-3	СКД	СКС-30	нитрит
σ_p	При 20°C	360	300	265	260	260
	При 100°C	200	170	145	120	70
ε , % при 20°C		650	850	600	730	760
раздирание		100	80	90	70	70
истирание		300	340	100	200	290

Достоверно известно, что резиновые композиции на основе натурального каучука с добавлением синтетического обладают наилучшими механическими показателями гибкости и прочности на раздир. При этом они сохраняют сопротивление истиранию. Именно поэтому оболочка кабелей, предназначенных для эксплуатации в условиях повышенных механических нагрузок, изготавливается из таких композиций резин. При этом резины называют шланговыми. Они не имеют высокого показателя электрической прочности, что и не требуется от оболочки. В композиции добавляются антипирены, антиоксиданты и другие добавки, повышающие стойкость оболочки к различным воздействиям со стороны внешней среды.

Также улучшение физико-механических характеристик достигается путем введения активных наполнителей (например, углерод технически тонкого помола).

Однако следует внимательно относиться к вопросу совместимости ингредиентов смеси, чтобы исключить такие нежелательные явления, как подвулканизация, деструкция различной природы и механизма.

1.2.1 Кабели изготавливаемые за рубежом

В США изготавливаются высоковольтные кабели питания передвижных механизмов работающих в карьерах и шахтах с сечением основных жил от 13,3 до 300 мм² четырех основных типов: SH-A, SH-B, SH-C и SH-D.

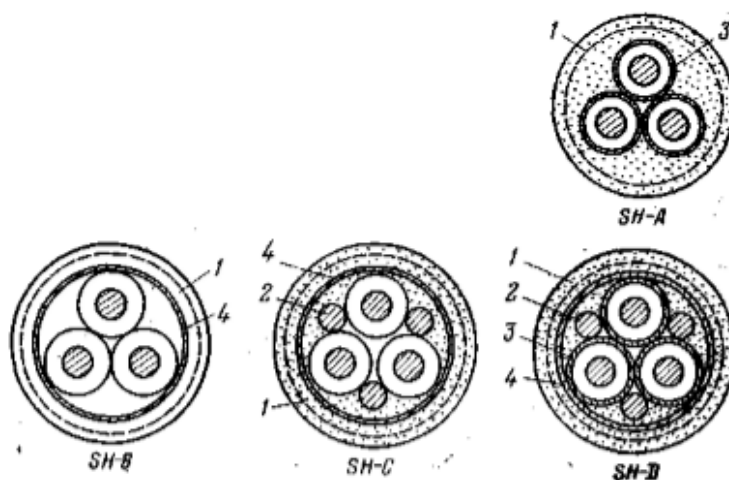


Рис.7. Конструкции высоковольтных гибких кабелей, выпускаемых в США: 1- упрочняющая оплётка; 2-заземляющая жила; 3- металлический экран по жиле в виде оплётки; 4-общий металлический экран в виде оплётки.

ТПЖ в кабелях зарубежных марок выполняются из меди аналогичных отечественным марок. Медь в обязательном порядке залуживается для повышения коррозионной стойкости. ТПЖ скручены в несколько повивов.

Изоляция также накладывается поверх ТПЖ и выполнена из шланговых резин нагревостойких и озоностойких марок на основе бутилового или этиленпропиленового каучуков. Поверх изоляции накладывается тканевая лента, покрытая полупроводящей резиной. Ленты по изоляции обычно окрашены в различные цвета. В кабелях отдельно взятых конструкций по каждой жиле или по общей скрутке предусмотрены металлические экраны в виде оплетки из прядей медных проволок, также

луженых. Оболочка кабелей выполнена из резины на основе неопрена и обычно усилена оплеткой из прочных нитей.

На рис. 8 приведены конструкции кабелей, из которых видно, чем отличаются кабели разных типов.

В Англии высоковольтные гибкие кабели для карьеров и шахт выпускаются на напряжение 3300 и 6600 в в соответствии со стандартом BS 1116. Этим стандартом предусматриваются гибкие бронированные четырехжильные кабели для трехфазных систем с заземленной нейтралью типов 321, 321С, 324, 324С, 621, 621С, 624, 624С. На рис.9 приведены конструкции кабелей на 6600 в. Кабели на 3300 в имеют подобную конструкцию, но в типе кабеля первая цифра 3.

Кабели типа 621С выпускаются с тремя основными и одной заземляющей жилами одинакового сечения, скрученными вокруг профилированного разделительного сердечника из полихлоропрена, с внутренней полихлоропреновой оболочкой, броней из стальных стренг и внешней оболочкой из резины на основе натурального или

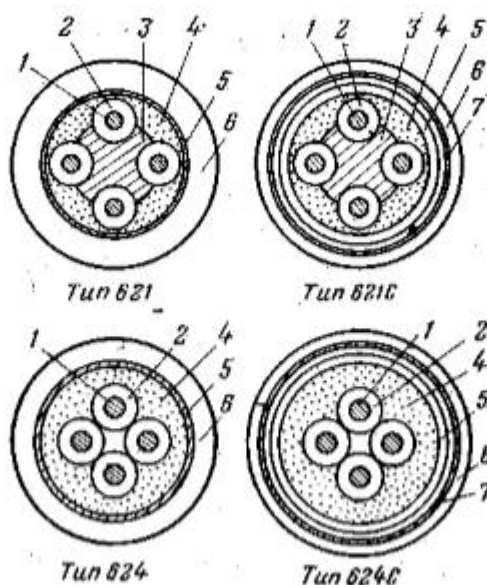


Рис.8. Конструкции кабелей, выпускаемых в Англии: 1-токопроводящая жила; 2 - изоляция; 3-сердечник; 4-внутренняя оболочка; 5-броня из стальных стренг; 6-наружная оболочка; 7 -усиливающая ткань.

полихлоропренового каучука, упрочненной тканой лентой или нитями.

Кабели с профилированным сердечником (типы 321С, 321, 621С, 621) рекомендуются для тяжелых условий работы. Усиливающий элемент во внешней оболочке предусматривается у кабелей с сечением жилы больше чем $4,5 \text{ мм}^2$. Радиальная толщина изоляции для кабелей напряжением 3 300 вдолжна составлять 3 мм, для кабелей 6600 в -5 мм.

В Чехии высоковольтные гибкие кабели на напряжение 6 000 В выпускаются по стандарту CSN 347524-65 «Шланговые переносные кабели» типов HVTDG - с оболочкой из обычной резины и HVTDU - с полихлоропреновой оболочкой. Конструкции кабелей и их конструктивные данные приведены на рис.10.

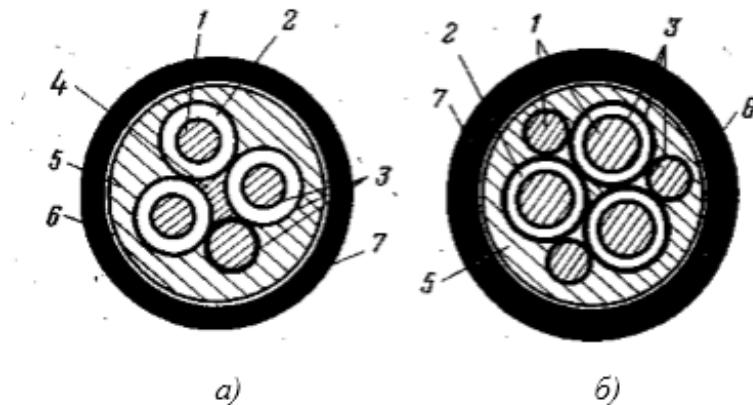


Рис.9. Конструкции кабелей, выпускаемых в Чехии: а –кабели с сечением основных жил до 35 мм^2 ; б-кабели с сечением основных жил выше 35 мм^2 . 1-медная токопроводящая жила; 2-изоляция; 3-слой полупроводящей резины; 4 – сердечник-заполнитель; 5- внутренняя оболочка; 6-прорезиненная лента; 7-наружная оболочка.

Интересно, что ранее по стандарту CSN 347524-53 выпускались кабели других конструкций. Толщина изоляции основных жил составляла 3,2 - 3,4 мм для кабелей 6000 В и 4,3 мм для кабелей на 10 000 В, но конструкция кабеля предусматривала дополнительную изоляционную оболочку. В

современных конструкциях отсутствуют разделительный сердечник и дополнительная изоляционная оболочка, увеличена толщина изоляции.

В Италии высоковольтные гибкие кабели для тяжелых условий работы изготавливаются на напряжение до 35 кВ. Кабели имеют три основные жилы, изолированные озоностойкой резиной, и могут иметь заземляющую жилу сечением не менее 50% основной.

В Германии высоковольтные гибкие кабели типов NTS и NSH выпускаются в соответствии с нормами VDE 0250/11,60 на напряжение до 35 кВ с тремя или четырьмя основными жилами сечением до 185 мм². При напряжении 6 кВ и выше кабели изготавливаются с применением электропроводящей резины и специальных слоев из озоностойкой резины. На рис.11 приведены типичные конструкции высоковольтных гибких кабелей, выпускаемых в Германии. В таблице 9 приведены диаметры и масса трехжильных кабелей типов NTS

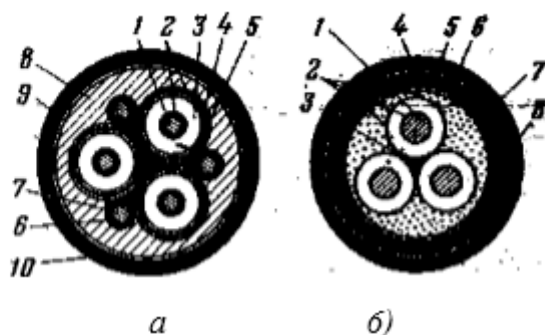


Рис. 10. Конструкции немецких кабелей. а-экскаваторного типа NTSCE: 1 - токопроводящая жила; 2 - слой проводящей резины; 3-изоляция; 4 -озоностойкий слой; 5 -обмотка тканевой лентой; 6 - сердечник из проводящей резины; 7 -заземляющая жила, покрытая проводящей резиной; 8 - внутренняя оболочка; 9 -обмотка тканевой лентой; 10- наружная оболочка. б - шахтного фирмы «Сименс»: 1 - токопроводящая жила; 2 - слой проводящей резины; 3 - сердечник-заполнитель; 4 - обмотка тканевой лентой; 5 - металлический экран; 6 - слой изоляционной резины; 7- второй металлический экран; 8-полихлоропреновая оболочка.

Из приведенного выше видно, что конструктивно гибкие высоковольтные кабели могут значительно отличаться. Наличие или отсутствие заземляющей жилы, наличие или отсутствие металлических экранов по жилам, металлического или полупроводящего общих экранов -

одного или нескольких, изменение профиля сердечника, использование упрочняющих элементов для шланговых оболочек и т. д.

1.2.2 Кабели марки КГЭШ

Маркировка кабеля КГЭШ означает: кабель гибкий экранированный шахтный. На рис. 7 представлена конструкция изделия. Жилы кабеля круглые в сечении, выполнены из меди мягких марок пятого класса гибкости; стренги неуплотненные, скручиваются по сложной повивной схеме, однако в установленных случаях с сечением основных жил до 50 кв. мм стренги могут скручиваться в один пучок, также без уплотнения. Изделие имеет три основные жилы и от одной до четырех вспомогательных, изготовленных также из меди аналогичной марки.

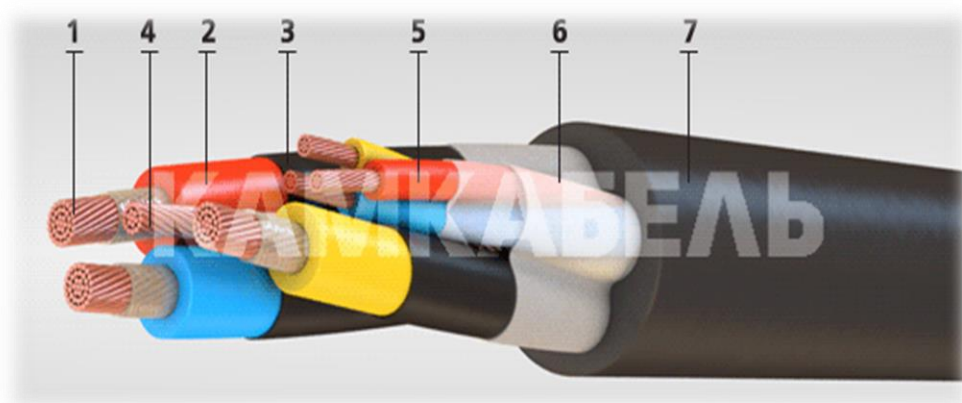


Рис.11. Кабель марки КГЭШ:1-токопроводящая жила; 2-изоляция; 3-экран; 4-жила заземления; 5-группа вспомогательных жил; 6-обмотка из полиэтилентерефталатной плёнки; 7-оболочка

Поверх каждой токопроводящей жилы накладывается резиновая изоляция, обладающая высокими показателями электрической прочности и стойкости к раздиру. Для обеспечения гибкости кабеля могут дополнительно применяться лавсановые ленты.

На изоляцию ТПЖ, а также поверх стренги из вспомогательных жил накладывается экран из полупроводящей резины. На сегодня технологический процесс изготовления подразумевает наложение одновременно и изоляции, и экрана, что безусловно затрудняет монтаж

кабеля, поскольку экран и изоляция при одновременном наложении имеют абсолютную адгезию друг к другу и не могут быть разделены без повреждения покровов.

Основные характеристики кабельного изделия марки КГЭШ приведены в таблице 6. [12]

Таблица 6. Характеристики кабеля КГЭШ

Гарантийный срок эксплуатации [месяц]	6
Максимальная рабочая температура жилы [°C]	75
Радиус изгиба кабелей [наружных диаметров]	5
Строительная длина, не менее [м]	200
Температура окружающей среды, верхний предел [°C]	+55
Температура окружающей среды, нижний предел [°C]	-30
Электрическое сопротивление изоляции основных жил при 20°C, не менее [МОм x км]	50
Электрическое сопротивление электропроводящих экранов при температуре 20°C, не более [МОм/км]	1500

1.3 Перспективы развития, совершенствование конструкций шахтных кабелей

На сегодняшний день существуют высокие требования к материалам шахтных кабелей, что относится ко всем современным показателям. В связи с этим разработаны и выпускаются в республике Башкортостан термоэластопласты нового поколения.

Необходимые требования привели к разработке и изготовлению негорючих кабелей ТЭП 3С-27-И и ТЭП3С-27-О в производстве монтажных кабелей.

В разработке материалов шахтных кабелей является снижение токсичности и отсутствие галоген-водородов. Так появились и успешно применяются безгалогенные полимеры в производстве кабелей HF и нгHF. Безгалогенные компаунды имеют следующие характеристики:

- сравнительно трудно воспламеняемы;
- не распространяют горение;
- умеренно опасны по показателю токсичности и продуктов горения;
- выделяют меньшее количество дыма и дым светлее по цвету;
- выделяют меньше раздражающих газов. [11]

Понятие безгалогенный или "ноль галогенов" становится символом трудной горючести, малодымности, малой токсичности летучих продуктов горения, отсутствия в летучих продуктах токсичного, коррозионно-активного и раздражающего дыхания газа - хлористого водорода и других галоидоводородов.

Сейчас ведутся работы по испытаниям безгалогенного изоляционного термоэластопласта для постановки его на производство. Материал имеет улучшенные характеристики по морозостойкости и экологичности.

В настоящее время широко применяется кабельная продукция с изоляцией из сшитого полиэтилена, полученного различными способами. На разных стадиях разработки и внедрения находятся несколько видов силанольно-сшивающихся полиэтиленов.

Композиция Томполен Хв-НЕ-2-01К с катализатором силанольной сшивки Томполен Хв-НЕ-5-05 применяется для изоляции силовых кабелей с повышенной теплостойкостью, механической прочностью и стойкостью к воздействию агрессивных сред. Также получены опытные образцы проводов СИП из силанольно-сшивающейся композиции Томполен Хв-НЕ-2-01 черный с катализатором силанольной сшивки Томполен Хв-НЕ-5-05, по результатам испытаний которых проводятся работы по устранению замечаний переработчиков. [12]

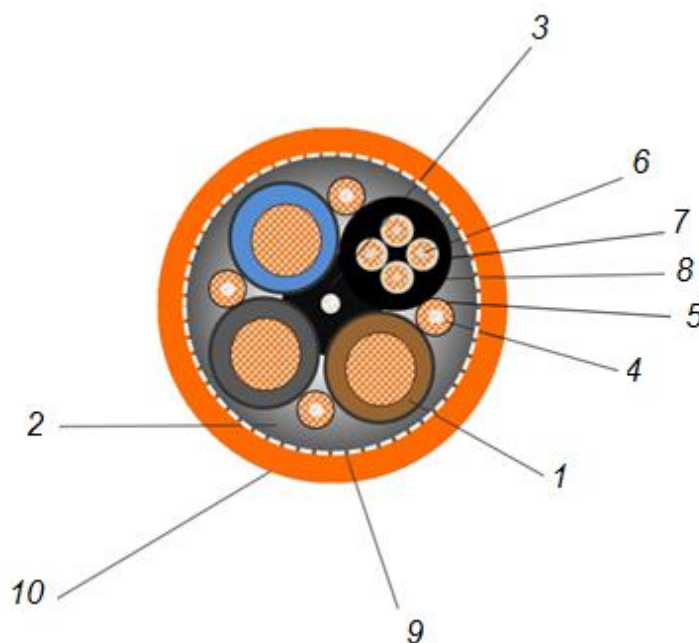
Другими перспективными материалами для кабельной промышленности являются разработанные электропроводящие материалы на основе полиэтиленов и их сополимеров для использования в производстве. В настоящее время совместно с Томскими ВУЗами ведутся исследовательские работы по применению наноуглерода с содержанием нанотрубок до 80% для применения в электропроводящих композициях для вышеназванных целей, а также для производства саморегулирующих нагревательных проводов. Используя наноуглерод, планируется получить повышенные электропроводящие свойства и улучшенные физико-механические характеристики материалов. Также ведутся поисковые работы по использованию минеральных нанонаполнителей.

Целью данной работы является расчёт конструктивных размеров шахтного кабеля с использованием материалов, заданных производителем, а также по возможности замещение зарубежных аналогов данным изделием.

2. РАСЧЁТ И ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ КАБЕЛЯ

2.1 Расчёт конструктивных элементов кабеля

По заданию ПАО «НИКИ» рассчитываются параметры конструкции



шахтного кабеля, сечение которого изображено на рисунке 12.

Рис. 12. Конструкция проектируемого кабеля: 1 – изоляция основных ТПЖ; 2 – поясная изоляция, внутреннее заполнение; 3 – профилированный сердечник; 4 – расщепленная жила заземления; 5 – обмотка ТЭК; 6 – сердечник из полимерных нитей; 7 – изоляция вспомогательных жил; 8 – оболочка вспомогательных жил; 9 – антиторсионная оплетка; 10 – внешняя оболочка.

Таблица 7 – Конструктивные элементы и особенности

Конструктивные элементы	КГЭТШмцо
Токопроводящие жилы	Медные луженые многопроволочные, класс гибкости 6
Изоляция основных и вспомогательных жил	Резина теплостойкая на основе этиленпропиленового каучука
Экран основных жил	Резина электропроводящая, отделяющаяся от изоляции
Вспомогательная жила	Скручены из медных стренг с малым шагом, оболочка из шланговой резины
Внутренняя оболочка	ТЭП
Обмотка	Полиэфирные нити
Наружная оболочка	Термопластичный полиуретан

Таблица 8 – Конструкция и размеры

Марка кабеля	Число и номинальное сечение жил, мм ²			Номинальный наружный диаметр кабеля, мм	Расчетная масса 1 км кабеля, кг
	основных	заземления	вспомогательных		
КГЭТШмцо	3 x 185	70 (4x16)	4 x 10	80	-

2.1.1 Токопроводящая жила

1. Сечение основной токопроводящей жилы $S_0 = 185 \text{ мм}^2$. Класс гибкости – 6.

Выбираем систему скрутки: правильная (повивная) скрутка с одной проволокой в центре. Скрутку произведем в несколько этапов: 1) скрутка проволок в стренги, 2) скрутка стренг в жилы. Форма скрутки: $Z_c = (1 + 6 + 12 + 18 + 24) \cdot (1 + 6 + 12 + 18) [4]$. Для такой системы скрутки число проволок в жиле равно $N = 2257$

2. Определяем сечение одной проволоки:

$$s_{\text{пр}} = S_0 / N, s_{\text{пр}} = 185 / 2257 = 0,082 \text{ мм}^2 \quad (1)$$

3. Вычисляем диаметр проволоки:

$$d_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{4s_{\text{пр}}}{\pi}}, d_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,082}{3,14}} = 0,323 \text{ мм} \quad (2)$$

4. Вычисляем диаметр по каждому повиву в *исходных* стренгах:

$$D = (2n - 1)d_{\text{пр}}, \quad (3)$$

$$D_1 = (2 \cdot 1 - 1) \cdot 0,323 = 0,323 \text{ мм}$$

$$D_2 = (2 \cdot 2 - 1) \cdot 0,323 = 0,969 \text{ мм}$$

Аналогично для повивов до 5 включительно. Результаты расчёта сведены в таблицу 9.

Таблица 9 – Диаметры проволок основной жилы по повивам

№ повива	Диаметр по повиву, мм	Шаг скрутки, мм
1	0.323	7.76
2	0.969	23.3
3	1.616	38.8
4	2.26	36,2

5. Вычисляем шаги скрутки каждого повива:

$$h_i = m_i \cdot D_i, \quad (4)$$

где i - порядковый номер повива;

m_i - кратность скрутки повива;

D_i - диаметр соответствующего повива.

$$h_{p2} = m_2 \cdot D_2 = 24 \cdot 0,969 = 23,27 \text{ мм},$$

где m_2 - кратность скрутки для внутренних повивов, $m_2 \leq 24$, принимаем $m_2 = 24$.

$$h_{p4} = m_4 \cdot D_4 = 16 \cdot 2,262 = 36,191 \text{ мм},$$

где m_3 - кратность скрутки для внешнего повива, $m_3 = (12,5 \div 16)$, принимаем $m_3 = 16$.

6. Вычисляем диаметр по каждому повиву в *стренгах*, *скрученных* из исходных:

$$D = (2n - 1)d_{\text{стр}}, \quad (5)$$

$$D_1 = (2 \cdot 1 - 1) \cdot 2,908 = 2,908 \text{ мм}$$

$$D_2 = (2 \cdot 2 - 1) \cdot 2,908 = 8,724 \text{ мм}$$

Аналогично для повивов до 4 включительно. Результаты расчёта сведены в таблицу 10

Таблица 10 Диаметры стренг в составе основной жилы по повивам

№ повива	Диаметр по повиву, мм	Шаг скрутки, мм
1	2,91	69,8
2	8,72	209,4
3	14,54	232,6

7. Вычисляем шаги скрутки каждого повива:

$$h_i = m_i \cdot D_i, \quad (6)$$

$$h_{p2} = m_2 \cdot D_2 = 24 \cdot 8,724 = 209,376 \text{ мм},$$

$$h_{p3} = m_3 \cdot D_3 = 16 \cdot 14,54 = 232,64 \text{ мм}.$$

Аналогичные вычисления производим для *вспомогательных жил* и расщепленной жилы заземления.

8. Сечение вспомогательной токопроводящей жилы $S_0 = 10 \text{ мм}^2$. Класс гибкости 6.

Выбираем систему скрутки: правильная (повивная) скрутка с одной проволокой в центре, форма скрутки: $Z_c = 1 + 6 + 12 + 18 + 24 + 30$. Причем в качестве центральной проволоки выступает сердечник из полиэфирных нитей. Для такой системы скрутки число проволок в жиле равно $N = 90$

9. Определяем сечение одной проволоки:

$$s_{np} = S_0 / N, s_{np} = 10 / 90 = 0,111 \text{ мм}^2 \quad (7)$$

10. Вычисляем диаметр проволоки:

$$d_{np} = \sqrt{\frac{4s_{np}}{\pi}}, d_{np} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,111}{3,14}} = 0,376 \text{ мм} \quad (8)$$

11. Вычисляем диаметр по каждому повиву:

$$D = (2n - 1)d_{np}, \quad (9)$$

$$D_1 = (2 \cdot 1 - 1) \cdot 0,376 = 0,376 \text{ мм}$$

$$D_2 = (2 \cdot 2 - 1) \cdot 0,376 = 1,129 \text{ мм}$$

Аналогично для повивов до 5 включительно. Результаты расчёта сведены в таблицу 11.

Таблица 11 – Диаметры проволок вспомогательной жилы по

№ повива	Диаметр по повиву, мм	Шаг скрутки, мм
1	0.376	9.024
2	1.128	27.072
3	1.88	45.12
4	2.632	63.168
5	3.384	54.144

12. Вычисляем шаги скрутки каждого повива:

$$h_{p1} = m_1 \cdot D_1 = 24 \cdot 0,376 = 9,029 \text{ мм},$$

$$h_{p5} = m_5 \cdot D_5 = 16 \cdot 3,384 = 54,144 \text{ мм},$$

13. Сечение *заземляющей* жилы $S_0=16 \text{ мм}^2$. Класс гибкости 6.

Выбираем систему скрутки: правильная (повивная) скрутка с одной проволокой в центре, форма скрутки: $Z_c = (\text{сердечник}) + 6 + 12 + 18 + 24 + 30 + 36 + 42$. Для такой системы скрутки число проволок в жиле равно $N = 168$

14. Определяем сечение одной проволоки:

$$s_{\text{пр}} = S_0 / N, s_{\text{пр}} = 16 / 60 = 0,267 \text{ мм}^2 \quad (10)$$

15. Вычисляем диаметр проволоки:

$$d_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{4s_{\text{пр}}}{\pi}}, d_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,095}{3,14}} = 0,348 \text{ мм} \quad (11)$$

16. Вычисляем диаметр по каждому повиву:

$$D = (2n - 1)d_{\text{пр}}, \quad (12)$$

$$D_1 = (2 \cdot 1 - 1) \cdot 0,348 = 0,348 \text{ мм}$$

Аналогично для повивов до 5 включительно. Результаты расчёта сведены в таблицу 12

Таблица 12 – Диаметры проволок жилы заземления по повивам

№ повива	Диаметр по повиву, мм	Шаг скрутки, мм
1	0.376	9.024
2	1.128	27.072
3	1.88	45.12
4	2.632	63.168
5	3.384	81.216
6	4.136	99.264
7	4.888	90.24

17. Вычисляем шаги скрутки каждого повива:

$$h_i = m_i \cdot D_i, \quad (13)$$

$$h_{p1} = m_1 \cdot D_1 = 24 \cdot 0,376 = 9,024 \text{ мм},$$

$$h_{p7} = m_7 \cdot D_7 = 16 \cdot 4,888 = 90,24 \text{ мм}.$$

2.1.2 Изоляция и другие покровы

Определим радиус *неизолированной* основной жилы:

$$r_{\text{жс}} = \frac{D_{\text{жс}}}{2} = \frac{14,54}{2} = 7,27 \text{ мм}. \quad (14)$$

Расчёт изоляции проводят после выбора максимальной напряжённости поля. Расчет напряженности поля осуществляется по выражению согласно [6], так как основные ТПЖ расположены несимметрично относительно центра кабеля и не имеют индивидуальных металлических экранов.

Напряжённость в изоляции шахтного кабеля определяется:

$$E_{\text{max}} = U_{\text{н}} \left(\frac{1}{2(R - r_{\text{жс}})} + \frac{0,18}{r_{\text{жс}}} \right), \quad (15)$$

где $U_{\text{н}}$ – рабочее напряжение $U_{\text{н}}=3,3$ кВ; R – радиус по изоляции.

Из формулы 15, задавшись значением напряженности поля по [4]выражаем радиус по изоляции:

$$R = r_{жс} + \frac{1}{2 \cdot \left(\frac{E_{\max}}{U_n} - \frac{0,18}{r_{жс}} \right)} = 15,22;$$

где $E_{\max}$ – максимальная напряжённость поля,
принимаем $E_{\max} = 2,0$ кВ/мм в соответствии с [4].

На жилу накладывается изоляция из этиленпропиленовой резины (ЭПР) и теперь можно определить толщину изоляции по формуле:

$$\Delta_{из} = R - r_{жс} = 15,22 - 7,27 = 7,95 \text{ мм}. \quad (16)$$

Принимаем толщину изоляции $\Delta_{из} = 8 \text{ мм}$.

Примем толщину экрана $\Delta_{эк} = 0,4 \text{ мм}$ по рекомендациям [7]

Диаметр кабеля с изоляцией и с полупроводящим экраном:

$$D_{э.из} = D_{и.жс} + 2\Delta_{эк} = 30,54 + 2 \cdot 0,4 = 31,34 \text{ мм}. \quad (17)$$

Аналогичные расчёты проведем для *вспомогательных* жил, а также для расщепленной жилы заземления.

Определим радиус неизолированной *вспомогательной* жилы:

$$r_{жс} = \frac{D_{жс}}{2} = \frac{3,384}{2} = 1,692 \text{ мм}. \quad (18)$$

Для изоляции вспомогательных жил применяется также ЭПР, поэтому максимальная напряжённость электрического поля также равна $2 \div 2,5$ кВ/мм. Напряжённость в изоляции определяется:

$$E_{\max} = \frac{k_3 \cdot U_n}{r_{э.жс} \cdot \ln\left(\frac{R}{r_{э.жс}}\right)}, \quad (19)$$

где U_n – рабочее напряжение $U_n = 0,38$ кВ;

R – радиус по изоляции; k_3 – коэффициент запаса, принимаем 1,27.

Из формулы 19 выражаем радиус по изоляции:

$$R = r_{\text{жс}} \cdot \exp \frac{k_z \cdot U_n}{r_{\text{жс}} \cdot E_{\text{max}}}, \quad (20)$$

где E_{max} – максимальная напряжённость поля,

принимаем $E_{\text{max}} = 2,0$ кВ/мм.

$$R = 1,692 \cdot \exp \frac{1,27 \cdot 0,38}{1,692 \cdot 2} = 1,951 \text{ мм}$$

На жилу накладывается изоляция из этиленпропиленовой резины (ЭПР) и теперь можно определить толщину изоляции по формуле:

$$\Delta_{\text{из}} = R - r_{\text{жс}} = 1,951 - 1,692 = 0,259 \text{ мм}. \quad (21)$$

С учетом рекомендаций [7] принимаем толщину изоляции $\Delta_{\text{из}} = 1 \text{ мм}$.

Толщина внешней оболочки принимается равной 4 мм в соответствии с рекомендациями [2] и [7].

2.2 Расчёт электрических характеристик кабеля

Расчет ведем по методическим указаниям в [2]

1) Электрическое сопротивление основной жилы

$$R_{\text{жс}} = R_0 \cdot [1 + \alpha_t \cdot (t_{\text{max}} - 20)], \quad (22)$$

$$R_0 = \frac{\rho \cdot l}{S_n} = 1,72 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{1}{185 \cdot 10^{-6}} = 9,30 \cdot 10^{-5} \text{ Ом}, \quad (23)$$

где ρ - удельное электрическое сопротивление меди $\rho = 1,72 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$;

S_n - сечение кабеля, $S_n = 185 \text{ мм}^2$;

t_{max} - максимально допустимая температура жилы.

$$R_{\text{жс}} = 9,30 \cdot 10^{-5} \cdot [1 + 0,00393 \cdot (90 - 20)] = 1,186 \cdot 10^{-4} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

1) Сопротивление изоляции при 20 °С:

$$R_{из} = \frac{\rho_v \cdot 10^{-9}}{2 \cdot \pi} \ln \frac{R}{r_{ж}}, \quad (24)$$

где R – радиус по поясной изоляции $R = 17,27 \text{ мм}$;

$r_{ж}$ - радиус жилы, $r_{ж} = 7,27 \text{ мм}$;

ρ_v - удельное объёмное электрическое сопротивление изоляции, для ЭПР

$\rho_v = 7 \cdot 10^{12} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

$$R_{из} = \frac{7 \cdot 10^{12} \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 3,14} \ln \frac{17,27}{7,27} = 964,4 \text{ МОм} \cdot \text{м}$$

2) Электрическая ёмкость:

$$C = \frac{\varepsilon \cdot 10^{-9}}{18 \ln \cdot \frac{R}{r_{ж}}} = \frac{2,6 \cdot 10^{-9}}{18 \ln \cdot \frac{17,27}{7,27}} = 1,669 \cdot 10^{-10} \text{ Ф / м}, \quad (25)$$

где $\varepsilon = 2,6$ - диэлектрическая проницаемость ЭПР.

3) Диэлектрические потери в изоляции:

$$P_{из} = U^2 \cdot \omega \cdot C \cdot \operatorname{tg} \delta = U^2 \cdot 2\pi f \cdot C \cdot \operatorname{tg} \delta, \quad (26)$$

где U - рабочее напряжение кабеля, равное $U = 3,3 \text{ кВ}$;

ω - угловая частота, $\omega = 2\pi f$;

f - частота сети, $f = 50 \text{ Гц}$;

C - электрическая ёмкость кабеля;

$\operatorname{tg} \delta$ - тангенс угла диэлектрических потерь изоляции, для ЭПР $\operatorname{tg} \delta = 0,02$ [spravochnik].

$$P_{из} = (3,3 \cdot 10^3)^2 \cdot 314 \cdot 1,669 \cdot 10^{-10} \cdot 0,02 = 0,011 \text{ Вт / м}$$

2.3 Тепловой расчёт кабеля

Основной задачей теплового расчёта является определение длительности допустимой токовой нагрузки. В кабеле при действии переменного магнитного поля могут возникать потери энергии в ТПЖ, в изоляции, связанные с диэлектрическими потерями, и в металлических элементах кабеля.

Расчёт теплового сопротивления элементов кабеля и среды.

Для определения допустимых нагрузок нужно построить тепловую схему замещения кабеля которая представлена на рис.13.

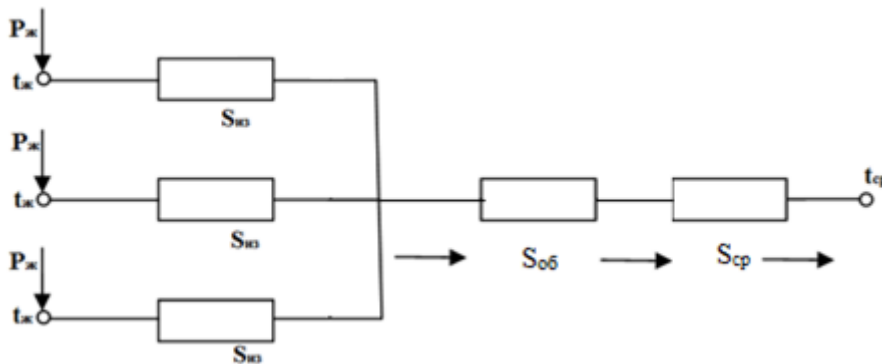


Рис. 13. Тепловая схема замещения: $P_{ж}$, - потери в жиле; $t_{ж}, t_{ср}$ - температура жилы и среды; $S_{из}, S_{об}, S_{ср}$ - тепловые сопротивления изоляции, оболочки и среды.

Проводится расчет тепловых сопротивлений кабеля, а также тепловых сопротивлений среды по ГОСТ Р МЭК-10287-2-1-2009.

Тепловое сопротивление изоляции для трёхжильного кабеля с круглыми жилами с учетом поясной изоляции:

$$S_{из} = \frac{\sigma_{из} G}{2\pi}, \quad (27)$$

где G - геометрический фактор, который находится по ГОСТ Р МЭК-10287-2-1-2009: $G = 1,65$ при соотношении толщины изоляции между фазами

и между фазой и оболочкой: $\frac{\Delta_1}{\Delta_2} = \frac{16}{10} = 1,6$.

$\sigma_{из}$ - удельное тепловое сопротивление изоляционного материала, принято по

[4] $\sigma_{из} = 3 \frac{м \cdot ^\circ C}{Вт}$, ввиду отсутствия значения производителя.

Тогда тепловое сопротивление изоляции будет равно:

$$S_{из} = \frac{3 \cdot 1,65}{2 \cdot 3,14} = 0,788 \frac{м \cdot ^\circ C}{Вт}$$

Тепловое сопротивление оболочки:

$$S_{об} = \frac{\sigma_{об}}{2\pi} \cdot \ln \frac{R_{об}}{R_{вз}} = \frac{4}{2 \cdot 3,14} \ln \frac{40}{36} = 0,067 \frac{м \cdot ^\circ C}{Вт}, \quad (28)$$

где $\sigma_{об}$ - удельное тепловое сопротивление оболочки, $\sigma_{об} = 4 \frac{м \cdot ^\circ C}{Вт}$;

$R_{об}$ - радиус оболочки, $R_{об} = 40 \text{ мм}$.

Тепловое сопротивление среды:

$$S_{ср} = \frac{1}{\pi \cdot D_{\kappa} \cdot (h + \varepsilon \cdot C_0 \cdot \theta)}, \quad (29)$$

где D_{κ} - диаметр кабеля, $D_{\kappa} = 80 \cdot 10^{-3} \text{ м}$;

h – коэффициент конвективной теплопередачи, $Вт / м^2 \cdot ^\circ C$:

$$h = 4,5 \cdot \sqrt[4]{\frac{\Delta t_{\kappa}}{D_{\kappa}} \cdot 10^{-2}} = 4,5 \cdot \sqrt[4]{\frac{35}{80 \cdot 10^{-3}} \cdot 10^{-2}} = 6,51 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot ^\circ C,$$

Δt_{κ} - разность температур поверхности кабеля и среды, $\Delta t_{\kappa} = 35 \text{ } ^\circ C$;

ε - коэффициент приведенной черноты поверхности кабеля, $\varepsilon = 0,8$;

$C_0 = 5,7 \cdot 10^{-8} \text{ (Вт} / \text{м}^2 \cdot K^4)$ - постоянная излучения абсолютно черного тела.

$$\theta = \frac{T_{\kappa}^4 - T_{ср}^4}{\Delta t_{\kappa}}, \quad (30)$$

где $T_{\kappa}, T_{ср}, \Delta t_{\kappa}$ - температуры соответственно поверхности кабеля, среды, разность температур поверхности кабеля и среды в градусах К.

$$\theta = \frac{328^4 - 293^4}{35} = 1,20 \cdot 10^8.$$

$$S_{cp} = \frac{1}{3,14 \cdot 80 \cdot 10^{-3} \cdot (6,51 + 0,8 \cdot 5,7 \cdot 10^{-8} \cdot 1,20 \cdot 10^8)} = 0,33 \frac{м \cdot ^\circ C}{Вм}.$$

Максимальный ток нагрузки находится по формуле[3]:

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{(t_{\max} - t_{cp}) - P_{из} \cdot (0,5S_{из} + S_{об} + S_{cp})}{R_{жс} [S_{из} + S_{об} + S_{cp}]}} \quad (31)$$

где n - количество ТПЖ в кабеле;

$R_{жс}$ - сопротивление жилы;

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{(90 - 20) - 0,011 \cdot (0,5 \cdot 0,788 + 0,067 + 0,332)}{1,185 \cdot 10^{-4} \cdot [0,788 + 0,067 + 0,332]}} = 705 A.$$

2.4 Расчёт массы кабельного изделия

Масса токопроводящих жил

$$m_{жс} = \frac{\pi d_0^2}{4} \cdot \gamma_m \cdot n, кг / м, \quad (32)$$

где d_0 -диаметр одной жилы, $d_0 = 1,78 \cdot 10^{-3} м$;

γ_m - плотность меди $\gamma = 8900 кг / м^3$;

n - количество жил.

Тогда масса токопроводящей жилы будет равна:

$$m_{жс} = \frac{3,14 \cdot (1,78 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 8900 \cdot 3}{4} = 4,43 кг / м.$$

Масса вспомогательных жил

$$m_{жс} = \frac{\pi d_0^2}{4} \cdot \gamma_m \cdot n, кг / м, \quad (33)$$

где d_0 -диаметр одной жилы, $d_0 = 3,38 \cdot 10^{-3} м$;

γ_m - плотность меди $\gamma = 8900 кг / м^3$;

n - количество жил.

Тогда масса токопроводящей жилы будет равна:

$$m_{жс} = \frac{3,14 \cdot (3,4 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 8900 \cdot 4}{4} = 0,32 \text{ кг / м.}$$

Масса жил заземления

$$m_{жс} = \frac{\pi d_0^2}{4} \cdot \gamma_m \cdot n, \text{ кг / м,} \quad (34)$$

где d_0 - диаметр одной жилы, $d_0 = 4,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}$;

γ_m - плотность меди $\gamma = 8900 \text{ кг / м}^3$;

n - количество жил.

Тогда масса токопроводящей жилы будет равна:

$$m_{жс} = \frac{3,14 \cdot (4,9 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 8900 \cdot 4}{4} = 0,67 \text{ кг / м.}$$

Масса изоляции основных жил:

$$m_{из} = \pi \cdot (D_{жс} + \Delta_{из}) \cdot \Delta_{из} \cdot \gamma_{из}, \text{ кг / м,} \quad (35)$$

где $D_{жс}$ - диаметр жилы, $D_{жс} = 9,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}$;

$\Delta_{из}$ - толщина изоляции, $\Delta_{из} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$;

$\gamma_{из}$ - плотность изоляции, для резины $\gamma = 1300 \text{ кг / м}^3$.

Тогда масса изоляции будет равна:

$$m_{из} = 3,14 \cdot (14,54 \cdot 10^{-3} + 8 \cdot 10^{-3}) \cdot 8 \cdot 10^{-3} \cdot 1300 = 0,736 \text{ кг / м.}$$

Масса изоляции вспомогательных жил:

$$m_{из} = \pi \cdot (D_{жс} + \Delta_{из}) \cdot \Delta_{из} \cdot \gamma_{из}, \text{ кг / м,} \quad (36)$$

где $D_{жс}$ - диаметр жилы, $D_{жс} = 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$;

$\Delta_{из}$ - толщина изоляции, $\Delta_{из} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$;

$\gamma_{из}$ - плотность изоляции, для резины $\gamma = 1300 \text{ кг / м}^3$.

Тогда масса изоляции будет равна:

$$m_{из} = 3,14 \cdot (3,4 \cdot 10^{-3} + 1 \cdot 10^{-3}) \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot 1300 = 0,018 \text{ кг / м.}$$

Масса экрана:

$$m_{\varepsilon} = \pi \cdot (D_{из} + \Delta_{\varepsilon}) \cdot \Delta_{\varepsilon} \cdot \gamma_{\varepsilon}, \text{ кг / м,} \quad (37)$$

где $D_{ж}$ - диаметр токопроводящей жилы, $D_{из} = 30,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$;

$\Delta_{1\varepsilon}$ - толщина первого полупроводящего экрана, $\Delta_{1\varepsilon} = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$;

Тогда масса первого полупроводящего слоя будет равна:

$$m_{1\varepsilon} = 3,14 \cdot (30,5 \cdot 10^{-3} + 0,4 \cdot 10^{-3}) \cdot 0,4 \cdot 10^{-3} \cdot 1300 = 0,051 \text{ кг / м.}$$

Масса стального сердечника жил:

$$m_c = \frac{\pi d_0^2}{4} \cdot \gamma_m, \quad (38)$$

где d_0 - диаметр сердечника, $d_0 = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$;

γ_m - плотность стали $\gamma = 7780 \text{ кг / м}^3$;

Тогда масса токопроводящей жилы будет равна:

$$m_{ж} = \frac{3,14 \cdot (6 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 7780}{4} = 0,22 \text{ кг / м.}$$

Масса поясной изоляции:

Найдем площадь поясной изоляции как разность между сечением кабеля по оболочке и суммой всех его составных частей, кроме поясной изоляции:

$$\begin{aligned} S_{\varepsilon 3} &= S - S_{осн.ж} - S_{вспом.ж} - S_{об} - S_{из.осн} - S_{из.вспом.} - S_{зазем.ж} - S_{\varepsilon} - S_c; \\ S_{\varepsilon 3} &= 5027 - 166 - 40 - 955,044 - 566,492 - 24,404 - 64 - 38,88 - 28,274; \\ S_{\varepsilon 3} &= 3144 \text{ мм}^2. \end{aligned}$$

Тогда масса заполняющего слоя будет равна:

$$m_{\varepsilon 3} = S_{\varepsilon 3} \cdot \gamma_{\varepsilon 3} = 3144 \cdot 10^{-6} \cdot 1300 = 4,09 \text{ кг / м.}$$

Масса оболочки:

$$m_{об} = \pi \cdot (D_{бз} + \Delta_{об}) \cdot \Delta_{об} \cdot \gamma_{об}, \text{ кг / м}, \quad (39)$$

где $D_{б}$ - диаметр брони, $D_{б} = 72 \cdot 10^{-3} \text{ м}$;

$\Delta_{об}$ - толщина оболочки, $\Delta_{об} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$;

$\gamma_{об}$ - плотность материала оболочки, $\gamma_{об} = 1500 \text{ кг / м}^3$.

Тогда масса оболочки будет равна:

$$m_{об} = 3,14 \cdot (72 \cdot 10^{-3} + 4 \cdot 10^{-3}) \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 1500 = 1,24 \text{ кг / м}.$$

Масса кабеля:

$$m = m_{жс1} + m_{жс2} + m_{жс3} + m_{из1} + m_{из2} + m_{э} + m_{об} + m_{бз};$$

$$m = 4,43 + 0,32 + 0,67 + 0,736 + 0,018 + 0,051 + 4,09 + 1,24 + 0,22$$

$$m = 11,775 \text{ кг / м}$$

На рис. 10 представлена таблица со сравнительной характеристикой шахтных кабелей зарубежного производства PROTOMONT (N)TSKCGEWOEU 3x185+3x(1,5STKON+95/3KON) и проектируемого.

Таблица 10. Сравнительная характеристика шахтного кабеля.

Характеристики	Зарубежный кабель	Изделие
Внешний диаметр, [мм]	81,8	80
Максимальный длительно допустимый ток, [А]	461	705
Максимальное сопротивление при 20°C, [Ом/км]	0,108	0,093
Масса, [кг/км]	10500	11775

3. 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.

3.1. Обоснование и SWOT-анализ научного исследования

Шахтные силовые кабели вследствие большой протяжённости и тяжёлых условий эксплуатации относятся к наиболее легкоуязвимым и опасным элементам подземных электрических сетей. Постоянно перемещаясь по забоям вслед за машинами, они подвергаются частым повреждениям от ударов породой, наездов, растягивающих усилий и нахождением под действием агрессивных сред. На их долю приходится 40 % аварий. Высокая повреждаемость кабеля является одной из основных причин взрывной рудничной атмосферы, возникновения пожара или поражения электрическим током. В связи с этим разработка более совершенных конструкций шахтных кабелей является одним из направлений работы проектировщиков кабельных изделий.

Проведем комплексный SWOT-анализ проекта, представляющий 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 1.1.

Таблица 1.1 - 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 материала. С4. Не требует сложного уникального оборудования. С5. Наличие опытного руководителя. С6. Актуальность проблемы.	Слабые стороны: Сл1. Затраты времени на проведение испытаний; Сл2. Высокие требования к характеристикам исследуемого материала; Сл3. Высокая продолжительность проведения испытаний; Сл4. Необходимость сравнительного анализа характеристик.
Возможности: В1. Увеличение срока службы исследуемого объекта. В2. Использование объекта испытаний в агрессивных условиях эксплуатации. В3. Разработка рекомендаций по эксплуатации нефтепогружных кабелей в исследуемых условиях. В4. Рост потребности в обеспечении безопасности нефтедобывающего процесса.		

В5. Возможность создания партнерских отношений с рядом исследовательских институтов.		
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на разработанные рекомендации У2. Введение дополнительных требований к материалу У3. Угрозы выхода из строя оборудования в ходе использования разработанных рекомендаций		

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 1.2 - Интерактивная матрица возможностей

Возможности	Сильные стороны проекта						
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	B1	-	+	+	-	-	-
	B2	+	+	-	0	0	-
	B3	+	+	+	-	+	+
	B4	0	+	+	-	-	+
	B5	+	+	0	+	+	+
	Слабые стороны проекта						
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4		
	B1	-	+	-	-		
	B2	-	+	-	+		
	B3	+	-	+	+		
	B4	+	-	+	-		
	B5	-	-	+	-		

Таблица 1.3 - Интерактивная матрица угроз

Угрозы	Сильные стороны проекта						
		C1	C2	C3	C4	C5	C6

	У1	-	+	+	-	0	-
	У2	+	+	+	-	0	0
	У3	-	+	+	-	0	0
	Слабые стороны проекта						
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4		
	У1	-	+	+	-		
	У2	+	+	+	-		
	У3	-	+	+	-		

Анализ интерактивных матриц, приведенных в таблицах 1.2 и 1.3, показывает, что число сильных сторон у проекта количественно больше числа слабых. Аналогичная ситуация с количеством возможностей и угроз проведения исследований. Если рассматривать возможности, то можно сделать вывод, что исследование будет эффективным, поскольку их влияние на сильные стороны проекта больше, чем на слабые. Это касается и угроз.

3.2. 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.

3.2.1. 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 1.4.

Таблица 1.4 - 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
Обсуждение 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

Продолжение таблицы 1.4

Сдача выпускной квалификационной работы	9	Подготовка к защите ВКР	Студент-дипломник, Научный руководитель
	10	Защита ВКР	Студент-дипломник

3.2.2. Определение трудоемкости выполнения научного исследования

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

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot t_{mini} + 2 \cdot t_{maxi}}{5}, \quad (1.1)$$

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.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (1.2)$$

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 1.5.

Таблица 1.5 - 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	-	13
3	Заготовка образцов	1	1	1	3	1	1,8	1	3

	исследуемого материала								
4	Подготовка необходимого оборудования	1	1	4	4	2,2	2,2	2	3
5	Испытания образцов в соответствующих условиях	15	15	30	30	21	21	16	22
6	Оценка результатов исследования	1	2	2	5	1,4	3,2	1	3
7	Составление пояснительной записки	-	10	-	20	-	14	-	18
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	-	2	-	1	-	1

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

3.2.3. Разработка графика проведения научного исследования

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.

График строится для ожидаемого по длительности исполнения работ в рамках технического проекта, с разбивкой по месяцам и декадам за период времени подготовки ВКР. На основе таблицы 1.5 строим план-график проведения работ (таблица 1.6).

Таблица 1.6 - Диаграмма Ганта

[illegible]

Исходя из составленной диаграммы, можно сделать вывод, что продолжительность работ занимает порядка 2 месяцев. Продолжительность выполнения технического проекта составит 69 дней. Из них для каждого в отдельности:

- 66 дней - продолжительность выполнения работ студента-дипломника;
- 26 дней - продолжительность выполнения работ научного руководителя.

3.3. Составление сметы затрат на разработку научного исследования

Смета затрат включает в себя следующие статьи:

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

3.3.1. 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:

$$З_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{расхi}, \quad (1.3)$$

где m - количество видов материальных ресурсов;

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

C_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 1.7.

Таблица 1.7 - Материальные затраты

Наименование	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, ($З_m$), руб.
Образец изолированной токопроводящей жилы	1	9925	9925
Пластовая жидкость	1	311	311
Кусачки	1	200	230
Бокорезы	1	500	575
Перчатки	1	30	35
Маркер	1	60	69
Линейка	1	20	23
Бумага	1	250	288
Ручка	2	15	35
<i>Итого</i>			11490

3.3.2. Расчет полной заработной платы исполнителей темы

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

$$З_{полн} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (1.4)$$

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

$З_{доп}$ - дополнительная заработная плата.

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

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (1.5)$$

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{тс}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{р.к.}}}{F_{\text{д}}}, \quad (1.6)$$

где $Z_{\text{тс}}$ - заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$Z_{\text{доп}}$ - доплаты и надбавки, руб.;

$Z_{\text{р.к.}}$ - районная доплата, руб.;

$F_{\text{д}}$ - 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 1.8.

Таблица 1.8 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{тс}}$, руб.	$Z_{\text{доп}}$, руб.	$Z_{\text{р.к.}}$, руб.	$Z_{\text{м}}$, руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб.	T_p , раб.дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Научный руководитель	17000	2550	5865	25415	1155	55	63525
Студент-дипломник	2600	390	897	3887	177	72	12744
<i>Итого</i>							76269

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (1.7)$$

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

Расчёт полной заработной платы приведён в таблице 1.9.

Таблица 4.9 - Расчет полной заработной платы

Исполнители	$k_{\text{доп}}$	$З_{\text{осн. руб.}}$	$З_{\text{доп. руб.}}$	$З_{\text{полн. руб.}}$
Научный руководитель	0,15	63525	9529	74054
Студент-дипломник	0,12	12744	1529	14273
<i>Итого</i>		76269	3894	88327

3.3.3. 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:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot З_{\text{полн}}, \quad (1.8)$$

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

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

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$З_{\text{внеб}} = 0,302 \cdot 88327 = 26675 \text{ руб.}$$

3.3.4. 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.

$$З_{\text{накл}} = \sum З \cdot k_{\text{нр}}, \quad (1.9)$$

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

Величина коэффициента накладных расходов принимается в размере 16%.

3.3.5. Формирование сметы затрат научного исследования

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 4.10.

Таблица 4.10 - Смета затрат технического проекта

Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.	Доля, %
Материальные затраты ТП	11,5	7,6
Затраты на оплату труда	88,3	58,7
Отчисления во внебюджетные фонды	26,7	17,7
Накладные расходы	24,1	16,0
<i>Итого</i>	<i>150,6</i>	<i>100,0</i>

Исходя из сметы затрат, на технический проект требуется 150,6 тыс.рублей. Согласно диаграмме Ганта продолжительность всей работы составила 69 рабочих дней.

3.4. Определение ресурсоэффективности исследования

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (1.10)$$

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 требованиями 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 1.11.

Таблица 1.11 - Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка
1. Стойкость	0,20	5
2. Безотказность	0,22	5
3. Негорючесть	0,15	3
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:

$$I_p = 5 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,22 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,18 + 3 \cdot 0,10 + 5 \cdot 0,15 = 4,32$$

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 научного исследования. Установлено, что технический проект будет эффективным, так как влияние возможностей на сильные стороны научного исследования больше, чем на слабые;
- при планировании технических работ был разработан график занятости для двух исполнителей, составлена ленточная диаграмма Ганта, позволяющая оптимально скоординировать работу исполнителей;

- составление сметы научного исследования позволило оценить первоначальную сумму затрат на реализацию технического проекта в размере 150,6 тыс.рублей;
- оценка ресурсоэффективности исследования, проведенная по интегральному показателю, дала высокий результат (4,32 по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности реализации технического проекта.

4.Социальная ответственность

Аннотация

Представление понятия «Социальная ответственность» сформулировано в международном стандарте (МС) ICCSR-08260008000: 2011 «Социальная ответственность организации».

В соответствии с МС - Социальная ответственность - ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность);
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется во всех ее взаимоотношениях (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность).

Введение

Данный раздел ВКР посвящен выполнению анализа и разработке мер по обеспечению благоприятных условий труда при ее выполнении. Произведен анализ вредных факторов таких как: отклонение показателей микроклимата в помещении, повышения уровня шума, повышения уровня вибрации, превышение электромагнитных и ионизирующих излучений. Рассмотрены вопросы охраны окружающей среды, защиты в случае чрезвычайной ситуации, а так же правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Объект исследования – расчет конструкции шахтного кабеля.

Согласно техническому заданию (ТЗ) планируется разработка конструкции шахтного кабеля на номинальное напряжение 3,3 кВ, расчет основных характеристик: электрических, тепловых, массо-габаритных.

4.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

ВКР выполнялась в офисном помещении, в городе Томске.

Общая площадь рабочего помещения составляет 18 м^2 (длина $A=4\text{ м}$, ширина $B=4,5\text{ м}$), объем составляет 45 м^3 (высота $C=2,5\text{ м}$).

По СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 санитарные нормы составляют $6,5\text{ м}^2$ и 20 м^3 объема на одного человека[18]. Исходя из приведенных выше данных, можно сказать, что количество рабочих мест соответствует размерам помещения по санитарным нормам.

Проведя анализ габаритных размеров кабинета, рассмотрим микроклимат в этом помещении. В качестве параметров микроклимата рассмотрим температуру, влажность воздуха и освещение.

В помещении осуществляется естественная вентиляция посредством наличия легко открываемого оконного проема (форточки), а также дверного проема. По зоне действия такая вентиляция является общеобменной. Основным недостатком - приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания. Согласно нормам СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 объем воздуха необходимый на одного человека в помещении без дополнительной вентиляции должен быть более 40 м^3 [18]. В нашем случае объем воздуха на одного человека составляет 45 м^3 , из этого следует, что дополнительная вентиляция не требуется.

Одним из наиболее распространенных в производстве вредных факторов является шум. Он создается работающим оборудованием, преобразователями напряжения, работающими осветительными приборами дневного света, а также проникает извне. Шум вызывает головную боль, быструю утомляемость, бессонницу или сонливость, ослабляет внимание, ухудшается память, снижается реакция.

Основным источником шума в комнате являются вентиляторы охлаждения ЭВМ. Уровень шума колеблется от 35 до 40дБА. По СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 при выполнении основной работы на ПЭВМ уровень звука

Таблица 4.1

Перечень опасных и вредных факторов проектирования

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Разработка шахтного кабеля на ПЭВМ.	- Повышенная пульсация светового потока; - Повышенная напряженность зрения; - Отсутствие или недостаток естественного света;	Электрический ток.	- Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений СанПиН 2.2.4-548-96; - Нормы естественного и искусственного освещения предприятий, СНиП 23-05-95; - Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03; - Защитное заземление, зануление, ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ.

на рабочем месте не должен превышать 50дБА [18]. Следовательно, можно считать, что рабочее место соответствует выше указанным нормам.

Источником электромагнитных излучений в нашем случае являются дисплеи ПЭВМ. Монитор компьютера включает в себя излучения рентгеновской, ультрафиолетовой и инфракрасной области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50см вокруг ВДТ не должна превышать 25В/м в диапазоне от 5Гц до 2кГц, 2,5В/м в диапазоне от 2 до 400кГц [18]. Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц 250нТл, и 25нТл в диапазоне от 2 до 400кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500В [18]. В ходе работы использовалась ПЭВМ типа SAMSUNG NP355V5Cсо следующими характеристиками: напряженность электромагнитного поля 2,5В/м; поверхностный потенциал составляет 450 В[19].

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03конструкция ВДТ и ПЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от корпуса не более 0,1 мбэр/ч(100мкР/ч). Предел дозы облучения для работников ВЦ (операторы, программисты) составляет 0,5 бэр/год [19].

Освещение

Утомляемость органов зрения может быть связана как с недостаточной освещенностью, так и с чрезмерной освещенностью, а также с неправильным направлением света. Нормальная освещённость достигается в дневное время за счёт естественного света, проникающего через оконные проёмы, в утренние и вечерние часы за счёт искусственного освещения лампами.

В качестве источников искусственного света используется люминесцентные лампы, которые по сравнению с лампами накаливания имеет ряд существенных преимуществ: по спектральному составу близки к

дневному, естественному свету; обладают более высоким КПД (в 1,5-2 раза выше, чем КПД ламп накаливания); обладают повышенной светоотдачей (в 3-4 раза выше, чем у ламп накаливания); более длительный срок службы.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-0[18] освещенность рабочего стола должна быть не менее 300÷500 лк, что может достигаться установкой местного освещения. Местное освещение не должно создавать бликов на экране. За счет правильного выбора и расположения светильников, яркость бликов на экране не должна превышать 40 кд/м². Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель.

В помещении используется совместное освещение – искусственное и естественное (через окна). Система освещения общая. Использована люминесцентная компактная лампа (мощность 150 Вт). Выбор типа светильника производится с учетом следующих основных факторов:

- требуемое количество освещения;
- безопасность эксплуатации;
- удобство;
- экономичность.

Для определения необходимого количества ламп и выбора их типа ниже произведен расчет общего искусственного освещения люминесцентного освещения.

Дано помещение с размерами: длина $A=4\text{м}$, ширина $B=4,5\text{м}$, высота $H=2,5\text{м}$. Высота рабочей поверхности $h_{\text{рп}}=0,6\text{м}$.

Коэффициент отражения стен $R_{\text{ст}}=50\%$ и потолка $R_{\text{п}}=70\%$ для данной комнаты имеют следующие значения. Коэффициент запаса $k=1,5$, коэффициент неравномерности $Z=1,1$.

Рассчитываем систему общего люминесцентного освещения.

Приняв свес светильника $h_c=0,2\text{м}$ и $\lambda=1,4$ (для ОД) получаем:

(h - высота подвеса светильника над рабочей поверхностью)

$$h = 2,5 - 0,6 - 0,2 = 1,7\text{м} \quad (59)$$

$$h = H - h_p - h_c \quad (60)$$

(L – расстояние между светильниками)

$$L/3 = 0,78\text{м} \quad (61)$$

$$L = h * \lambda = 1,7 \cdot 1,4 = 2,38\text{м} \quad (62)$$

Таким образом, размещаем светильники в два ряда. В каждом ряду необходимо установить 2 светильника типа ОД мощностью 30Вт (с длиной 0,933м). План размещения светильников показан на рисунке 7.

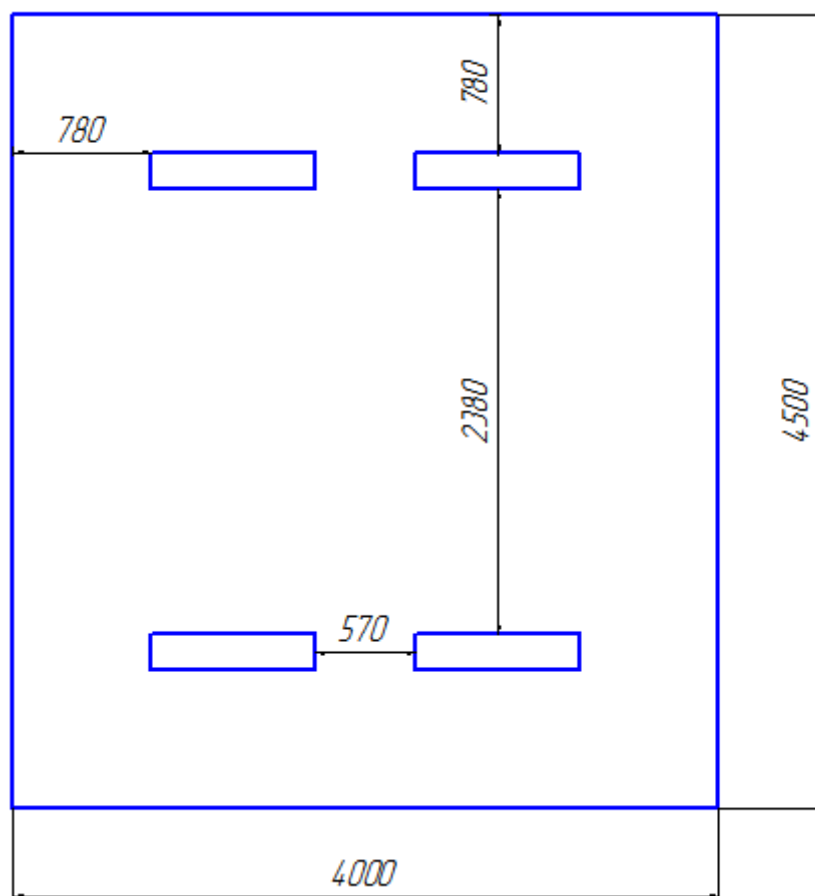


Рисунок 7 - План размещения светильников

Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп $N=8$.

Находим индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h(a+b)} \quad (63)$$

$$i=18/1,7(4+4,5)=1,25 \quad (64)$$

Находим коэффициент использования светового потока:

$$\eta=0,53$$

По табл. определяем, что нормированная освещенность $E_t=300-200$ лк (берем $E_t=200$ лк).

Определим потребный световой поток ламп в каждом из рядов:

$$F = \frac{E_t \cdot k \cdot S \cdot z}{N \cdot n} \quad (65)$$

$$F=200*18*1,5*1,1/8*0,53=1401 \text{ Лм} \quad (66)$$

Выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛД 30Вт с потоком 1650 Лм.

Делаем проверку по формуле:

$$-10\% \leq (F_{\text{л.станд}} - F_{\text{л.расч}}) / F_{\text{л.станд}} \leq +20\% \quad (67)$$

Получаем:

$$-10\% \leq 7,25\% \leq +20\% \text{ (подходит)}$$

Электрическая мощность осветительной установки равна:

$$P=8*30=240\text{Вт} \quad (68)$$

Нервно-эмоциональное напряжение при работе на ПК возникает вследствие монотонного режима работы, поэтому необходимо делать перерывы во время работы.

Меры защиты от опасных и вредных факторов производства делятся на технические и организационные. К ним относится защита от вредного воздействия облучения. При защите от внешнего облучения, возникающего при работе с дисплеем, проводятся следующие мероприятия:

согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03[18] для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья на протяжении рабочей смены должны устанавливаться регламентированные перерывы – при 8-часовом рабочем дне продолжительностью 15 минут через каждый час работы;

дисплей устанавливается таким образом, чтобы от экрана до оператора было не менее 60-70 см;

должны использоваться дисплеи со встроенными защитными экранами.

Микроклимат

Значимым физическим фактором является микроклимат рабочей зоны (температура, влажность и скорость движения воздуха).

Температура, относительная влажность и скорость движения воздуха влияют на теплообмен и необходимо учитывать их комплексное воздействие. Нарушение теплообмена вызывает тепловую гипертермию, или перегрев.

Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха производственных помещений для работ, производимых сидя и не требующих систематического физического напряжения (категория Ia), приведены в таблице 4.2, в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и СанПиН 2.2.4.548-96.

Таблица 4.2

**Нормы температуры, относительной влажности и скорости движения
воздуха**

Период года	Категория работы	Температура, С	Относительная влаж. воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более м/с
Холодный	Ia	22-24	40-60	0,1
Теплый	Ia	23-25	40-60	0,1

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3

Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Категори я работы	Температура воздуха, °С	Относительн ая влаж. воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более м/с
Холодны й	Ia	20-25	15-75	0,1
Теплый	Ia	21-28	15-75	0,1-0,2

Для обеспечения установленных норм микроклиматических параметров и чистоты воздуха на рабочих местах и в помещениях применяют вентиляцию. Общеобменная вентиляция используется для обеспечения в

помещениях соответствующего микроклимата. Периодически должен вестись контроль влажностью воздуха. В летнее время при высокой уличной температуре должны использоваться системы кондиционирования.

В холодное время года предусматривается система отопления. Для отопления помещений используются водяные системы центрального отопления. При недостаточной эффективности центрального отопления должны быть использованы масляные электрические нагреватели.

Радиаторы должны устанавливаться в нишах, прикрытых деревянными или металлическими решетками. Применение таких решеток способствует также повышению электробезопасности в помещениях. При этом температура на поверхности нагревательных приборов не должна превышать 95 °С, чтобы исключить пригорание пыли.

Шум

В заданных условиях имеют место шумы различной интенсивности и частотного спектра, которые генерируются источниками шумов.

Для исследуемого объекта (производство и пункт управления) основными источниками шумов являются производственное оборудование (внешние источники) и оборудование поста управления (внутренние источники).

ПДУ шума для объектов типа поста управления нормируются ГОСТ 12.1.003-83 и СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Значения ПДУ согласно этим документам представлены в таблице 5.5. (для постоянных шумов)

Таблица 5.5

Рабочие места	Уровни звукового давления (ДБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
ПУ	83	74	68	63	60	78	55	54	65

Для оценки соблюдения ПДУ шума необходим производственный контроль (измерения и оценка). В случае превышения уровней необходимы организационно-технические мероприятия по защите от действия шума (защита временем, расстоянием, экранирование источника, либо рабочей зоны, замена оборудования, использование СИЗ).

4.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды

Электробезопасность

К опасным факторам можно отнести наличие в помещении большого количества аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50Гц. По опасности электропоражения комната относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствует влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения с имеющими соединение с землей металлическими предметами и металлическими корпусами оборудования [19].

Во время нормального режима работы оборудования опасность электропоражения крайне мала, однако, возможны аварийные режимы работы, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

Поражение человека электрическим током может произойти в следующих случаях:

- при прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ПЭВМ;
- при однофазном (однополюсном) прикосновении незаземленного от земли человека к незаземленным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, находящимся под напряжением, то есть в случае нарушения изоляции;
- при соприкосновении с полом и стенами, оказавшимися под напряжением;
- при возможном коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания, блоке развертки монитора.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются [20]:

- изолирование (ограждение) токоведущих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним;
- установки защитного заземления;
- наличие общего рубильника;
- своевременный осмотр технического оборудования, изоляции.

4.3 Охрана окружающей среды

В компьютерах огромное количество компонентов, которые содержат токсичные вещества и представляют угрозу, как для человека, так и для окружающей среды.

К таким веществам относятся:

- свинец (накапливается в организме, поражая почки, нервную систему);
- ртуть (поражает мозг и нервную систему);
- никель и цинк (могут вызывать дерматит);
- щелочи (прожигают слизистые оболочки и кожу);

Поэтому компьютер требует специальных комплексных методов утилизации. В этот комплекс мероприятий входят:

- отделение металлических частей от неметаллических;
- металлические части переплавляются для последующего производства;
- неметаллические части компьютера подвергаются специально переработке; [21]

Исходя из сказанного выше перед планированием покупки компьютера необходимо:

- Побеспокоиться заранее о том, каким образом будет утилизирована имеющаяся техника, перед покупкой новой.
- Узнать насколько новая техника соответствует современным эко-стандартам и примут ее на утилизацию после окончания срока службы.

Утилизировать оргтехнику, а не просто выбрасывать на «свалку» необходимо по следующим причинам:

Во-первых, в любой компьютерной и организационной технике содержится некоторое количество драгоценных металлов. Российским законодательством предусмотрен пункт, согласно которому все организации обязаны вести учет и движение драгоценных металлов, в том числе тех,

которые входят в состав основных средств. За несоблюдение правил учета, организация может быть оштрафована на сумму от 20000 до 30000 руб. (согласно ст. 19.14.КоАП РФ);

Во-вторых, предприятие также может быть оштрафовано за несанкционированный вывоз техники или оборудования на «свалку»;

В-третьих, утилизируя технику мы заботимся об экологии: количество не перерабатываемых отходов минимизируется, а такие отходы, как пластик, пластмассы, лом черных и цветных металлов, используются во вторичном производстве. Электронные платы, в которых содержатся драгметаллы, после переработки отправляются на аффинажный завод, после чего чистые металлы сдаются в Госфонд, а не оседают на свалках.

Таким образом утилизацию компьютера можно провести следующим образом:

1. Мониторы с электронно-лучевыми трубками необходимо сдать для переработки в ближайший специализированный центр переработки или передать его изготовителю для дальнейшего рециклинга.

2. Использовать услуги профессиональной компании по рециклингу, которая может приехать и забрать все приборы, которые планируется сдать в переработку.

3. Можно обратиться в местный муниципалитет по вопросу переработки электроники. [22]

4.4 Защита в чрезвычайных ситуациях

В помещении, где производилась выпускная квалификационная работа, имеется электропроводка напряжением 220 вольт, предназначенная для питания вычислительной техники и освещения. При неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании электрической цепи может произойти возгорание, которое грозит уничтожением техники, документов и другого имеющегося оборудования.

Данное помещение относится к категории Д (наличие твердых сгораемых вещей)[19].

Необходимо проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия [19]:

- организационные мероприятия, касающиеся технического процесса с учетом пожарной безопасности объекта;
- эксплуатационные мероприятия, рассматривающие эксплуатацию имеющегося оборудования;
- технические и конструктивные, связанные с правильные размещением и монтажом электрооборудования и отопительных приборов.

Организационные мероприятия:

- 1.Противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- 2.Обучение персонала правилам техники безопасности;
- 3.Издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Эксплуатационные мероприятия:

- 4.1. Соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- 4.2. Обеспечение свободного подхода к оборудованию;
- 4.3. Содержание в исправном состоянии изоляции токоведущих проводников.

К техническим мероприятиям относится соблюдение противопожарных требований при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения. В коридоре имеется порошковый огнетушитель типа ОП-5, рубильник, на двери приведен план эвакуации в случае пожара, и, на досягаемом расстоянии, находится пожарный щит.

Наиболее дешевым и простым средством пожаротушения является вода, поступающая из обычного водопровода. Для осуществления эффективного тушения огня используют пожарные рукава и стволы, находящиеся в специальных шкафах, расположенных в коридоре. В пунктах

первичных средств огнетушения должны располагаться ящик с песком, пожарные ведра и топор.

Если возгорание произошло в электроустановке, для его устранения должны использоваться огнетушители углекислотные типа ОУ-2, или порошковые типа ОП-5. Кроме устранения самого очага пожара нужно, своевременно, организовать эвакуацию людей.

4.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 При размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора) должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м.

Рабочие места с ПЭВМ в помещениях с источниками вредных производственных факторов должны размещаться в изолированных кабинах с организованным воздухообменом.

Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5 - 2,0 м.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600 - 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных

конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5 - 0,7.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

Снижению психофизических и нервно-эмоциональных нагрузок способствует правильная организация рабочего места [23].

При разработке программы пользователь работает на ПЭВМ более 50% рабочего времени.

На рисунке 8 показана схема расположения технических средств на рабочем месте пользователя при работе на ПЭВМ при постоянной работе.

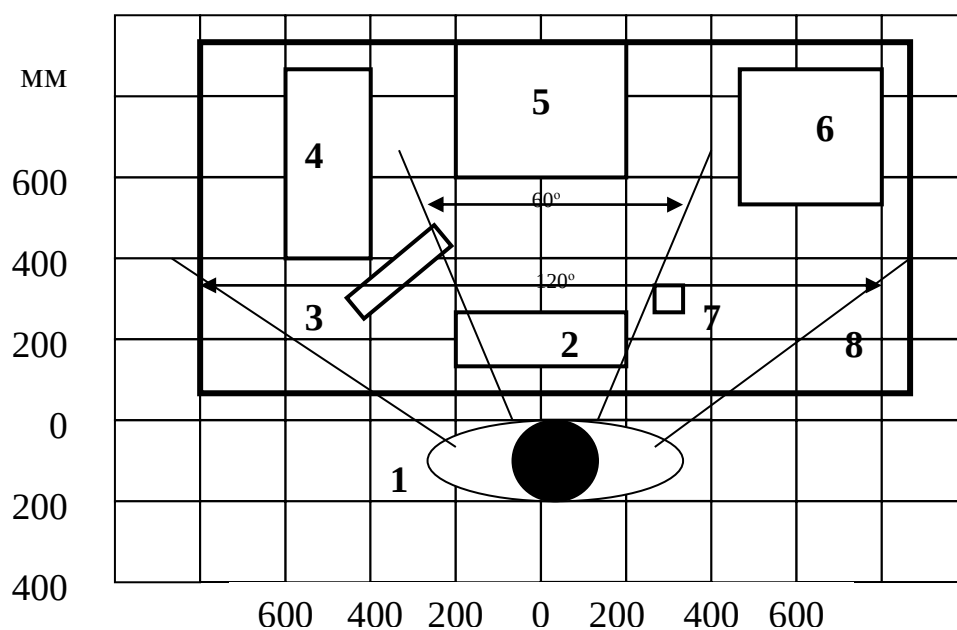


Рисунок 8 - Схема расположения технических средств на рабочем месте пользователя при постоянной работе на ПЭВМ

1 – кресло оператора ПЭВМ. 2 – клавиатура. 3 – подставка для исходной информации. 4 – системный блок. 5 – монитор. 6 – принтер. 7 – мышь. 8- стол.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выпускной квалификационной работы был произведён литературный обзор шахтных кабелей, в котором рассматривалось назначение и условия эксплуатации шахтных кабелей. Так же были рассмотрены кабели для стационарной прокладки и гибкие шахтные кабели. Рассмотрены конструкции материалы шахтных кабелей изготавливаемых в России и за рубежом. Определены перспективы их развития.

Произведён расчёт конструктивных элементов кабеля и выбор материалов для их производства. Так же были рассчитаны электрические и тепловые характеристики кабеля. Произведён расчёт массы кабеля. Все расчеты и выбранные материалы согласованы и переданы в ПАО «НИКИ г. Томск».

Кроме того, в работе была выполнена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, исходя из которого, можно сделать вывод о том, что данная разработка перспективна.

Был выполнен анализ и планирование комплекса работ в рамках научного исследования. Определена структура работ, а также произведено распределение исполнителей. Составлен календарный план-график проведения работ.

Определен бюджет затрат на научное исследование, который составляет 150 тысяч рублей. В бюджет входят: материальные затраты, заработная плата, отчисления на социальные цели, накладные расходы. Самые большие отчисления (55 %) приходятся на заработную плату.

Помимо этого был произведен анализ выявленных вредных и опасных факторов производственной среды. Рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Список использованных источников

1. Теория, расчёт и конструирование кабелей и проводов. Учебник для техникумов / Л.И. Кранихфельд, И.Б. Рязанов – М.: «Высш. школа», 1972.- 384 с.
2. Специальные кабельные изделия: учебное пособие / В.М. Аникеев, И.В. Флеминг; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 127 с.
3. Силовые кабели и кабельные линии. Метод.указ. к выполнению курсового проекта для студентов специальности 140611 – «Электроизоляционная, кабельная и конденсаторная техника».-Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007.-40 с.
4. Силовые кабели и кабельные линии / В.М. Аникеев. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2007. – 40 с.
5. Кабельные резины / П.М. Глупушкин, А.Е. Саакян. – М.; Л.: Энергия, 1966. – 356 с.
6. Расчет и конструирование силовых кабелей / Н.А.Строкин – Иркутск: Издательство ИрГТУ, 2006. – 84 с.
7. Белоруссов Н.И. Электрические кабели, провода и шнуры: Справочник / Н.И. Белоруссов, А.Е. Саакян, А.И. Яковлева. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 536 с.
8. Соболев В.Г. Шахтные кабели. – М.: Недра, 1973. – 136. с.
9. ГОСТ 24234-80. Пленка полиэтилентерефталатная. Технические условия. М.: Издательство стандартов, 1992. – 23 с.
10. Электрические сети [Электронный ресурс] / Силовые кабели на напряжение до 35 кВ. URL: <http://leg.co.ua/info/kabeli/silovye-kabeli-s-plastmassovoy-izolyaciey-na-napryazhenie-1-35-kv.html>
11. КСК Групп [Электронный ресурс] / Безгалогенные компаунды V4332-7 и RX 8053. URL:<https://ksk-grupp.ru/production/plasticates-compounds/halogen-free-compounds>

12. КамКабель [Электронный ресурс] / Кабельмарки КГЭШ URL: http://www.kamkabel.ru/production/catalog/kabeli-i-provoda-spetsialnye/shakhtnye-i-ehkskavatornye/shakhtnye-i-ehkskavatornye_1143.html
13. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
14. ЗА КАДРЫ. Газета Национального исследовательского Томского политехнического университета [Электронный ресурс] / Зарплата- выросла URL: <http://za-kadry.tpu.ru/article/3393/7618.htm>, свободный. Дата обращения 07.03.2014 г.
15. Гигиенические требования к электронно-вычислительным машинам и организации работы. Санитарные правила и нормы 2.2.2 2.4.1340 – 03. / М., Издательство стандартов ,2003.– 41с.
16. Основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1.010 – 76. . / М.: Издательство стандартов, 2010.–33 с
17. Правила устройства электроустановок. Минэнерго СССР, 6-е издание. / М.: Энергоатомиздат, 1996. – 640с
18. Охрана окружающей среды. Под ред. С.В. Белова. / М.: Высшая школа, 1991– 128с.
19. Экологический портал РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН. [Электронный ресурс] / Как утилизировать бытовую технику и электронику URL: <http://www.ecorb.ru/70>, свободный. Дата обращения 07.03.2014 г.
20. Эргономика рабочего места пользователя ПЭВМ. [Электронный ресурс] / Гигиена труда пользователей ПЭВМ URL: http://bgd.alpud.ru/private/glava4/V_4_A_gigienan.htm, свободный. Дата обращения 07.03.2014 г.