

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики (ИШЭ)
 Направление подготовки 13 .04.02 Электроэнергетика и электротехника
 Отделение школы (НОЦ) Отделение Электроэнергетики и электротехники (ОЭЭ)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка технологии изготовления специальных контрольных кабелей для АО «ОКБ КП» УДК <u>621.315.2.016.2.002:629.73</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГМ74	Чагдурова Эльвира Баировна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШЭ	Леонов А.П.	к.т.н, доцент		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ИШЭ	Шуликин С.Н.			

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП	Подпригора И.В	к.э.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ШБИП	Атепаева Н.А			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШЭ	Леонов А.П	к.т.н, доцент		

Томск – 2019 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики (ИШЭ)

Направление подготовки (специальность) 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Отделение школы (НОЦ) Отделение Электроэнергетики и электротехники (ОЭЭ)

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

Леонов А.П.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
5ГМ74	Чагдурова Эльвира Баировна

Тема работы:

Разработка технологии изготовления специальных контрольных кабелей для АО «ОКБ КП»
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:
--

30.05.2019

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Объект исследования: кабель
комбинированный герметизированный:
КПВКГ-7эх(2эх0,75)+26х(2х0,50)э
Область применения: военная
промышленность.
Методика исследования: расчет
технологических режимов изготовления
кабеля с заданными параметрами.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1. Расчет технологических режимов изготовления кабеля 1.1. Скрутка ТПЖ (из стренг) 1.2. Изолирование ТПЖ 1.3. Наложение экранов 1.4. Скрутка изолированных жил в кабель 1.5. Наложение внутреннего заполнения и внешней оболочки 2. Расчет электрических параметров кабеля: 2.1. Расчет первичных параметров экранированных пар 2.2. Расчет вторичных параметров экранированных пар</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация в программной среде Power Point</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
Раздел	Консультант
«Социальная ответственность»	Атепаева Н.А
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Подпригора И.В
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Глава 3. Методы испытаний</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель/консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШЭ	Леонов А.П.	к.т.н, доцент		
Старший преподаватель ИШЭ	Шуликин С.Н.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГМ74	Чагдурова Эльвира Баировна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5ГМ74	Чагдуровой Эльвире Баировне

Школа	ИШЭ	Отделение школы (НОЦ)	ОЭЭ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

«Разработка технологии изготовления специальных контрольных кабелей для АО «ОКБ КП»»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования: кабель комбинированный герметизированный: : КПКВГ- 7х(2х0,75)+26х(2х0,50)э</p> <p>Область применения: военная промышленность.</p> <p>Методика исследования: усовершенствование в производственных условиях.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; <p>организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018) – ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. – ГОСТ EN 894-1-2012. Безопасность машин. Эргономические требования к оформлению индикаторов и органов управления. Часть 1. Общие руководящие принципы при взаимодействии оператора с индикаторами и органами управления. – ГОСТ 21753-76. Система «человек-машина». Рычаги управления. Общие эргономические требования. – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

<p>2.Производственная безопасность</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных факторов и опасных факторов.</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия.</p>	<p>2.1 машины и механизмы;</p> <ul style="list-style-type: none"> - подвижные части производственного оборудования; – повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования и материалов; – повышенное напряжение электрической сети, при замыкании которой ток может пройти через тело человека; – острые кромки, заусенцы, шероховатая поверхность заготовок, инструмента и оборудования; – повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте; – недостаточная освещенность рабочего места. – 2.2 на рабочее место не допускаются лица, не имеющие отношения к выполняемой работе –обязательно соблюдение требований знаков безопасности – необходимо соблюдать внимательность к предупредительным сигналам движущегося транспорта
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>Факторы загрязнения при использовании установок, применяемых при работе данного проекта:</p> <ul style="list-style-type: none"> – тепловое загрязнение; – твердые отходы.
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <p>–</p>	<p>Наиболее вероятные ЧС: загорания (пожары), электрический удар, например, при замыкании фазы питания на корпус электрической машины.</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ШБИП	Атепаева Н.А			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГМ74	Чагдурова Э.Б.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5ГМ74	Чагдурова Эльвира Баировна

Школа	ИШЭ	Отделение школы (НОЦ)	ОЭЭ
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Разработка технологии изготовления специальных контрольных кабелей для АО «ОКБ КП»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	<ul style="list-style-type: none"> – Проект выполняется в цехе №2 предприятия ОКБ КП – Приблизительная сумма затрат составляет 3 417 000 – В реализации проекта задействованы 3 человека: руководитель, мастер, студент - дипломник
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	<ul style="list-style-type: none"> – Материальные затраты, основная заработная плата, дополнительная заработная плата, отчисления, накладные расходы. – Минимальный размер оплаты труда (на 2019 год) составляет 11280 руб
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	<ul style="list-style-type: none"> – Отчисления во внебюджетные фонды – 27,1 % от ФОТ – В соответствии с Налоговым кодексом РФ – ЕСН=30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

4. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	– Техничко-экономическое обоснование научно-исследовательской работы
5. Разработка устава научно-технического проекта	<ul style="list-style-type: none"> – Организационная структура проекта – Матрица ответственности
6. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	<ul style="list-style-type: none"> – Планирование работ по научно-техническому исследованию; – Смета затрат на разработку исследования
7. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	<ul style="list-style-type: none"> – Оценка эффективности НТИ; – Определение научно – технического уровня исследования

Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений

4. Диаграмма FAST
5. Матрица SWOT
6. График проведения и бюджет НТИ
7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
8. Потенциальные риски

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП	Подпригора И.В	к.э.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГМ74	Чагдурова Э.Б.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит:

страниц	137
рисунков	15
таблиц	22
источников	20

Ключевые слова: кабель комбинированный герметизированный, скрутка конструктивных элементов, изолирование конструктивных элементов, наложение экранов, волновое сопротивление, коэффициент затухания, коэффициент фазы.

Объектом исследования является кабель комбинированный герметизированный. Целью работы является расчет технологических режимов изготовления комбинированного кабеля управления типа КПКВГ с заданными параметрами.

Магистерская диссертация выполнена при помощи следующих программных средств: Microsoft Word Office 2013, Mathcad 14, MathType 6.0.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	12
Глава 1.Классификация и конструкции кабелей управления	14
<i>1.1. Разделение по конструкционному исполнению и помехозащищенности</i>	15
<i>1.2. Разделение по видам эксплуатации</i>	16
Глава 2. Материалы изоляции	19
<i>2.1. Фторопласт</i>	19
<i>2.2. Полиэтилен</i>	24
<i>2.3. Поливинилхлоридные пластикаты (ПВХ пластикаты)</i>	29
Глава 3.Методы испытаний	34
<i>3.1. Виды испытаний</i>	34
<i>3.2. Основные испытания готовых кабелей (электрические параметры)</i>	36
<i>3.3. Механические испытания</i>	38
Глава 4. Комбинированный кабель типа КПВКГ	48
<i>4.1. Конструкция, материалы, область применения</i>	48
<i>4.2. Испытания готового кабеля</i>	49
<i>4.4. Общие требования и нормативные документы</i>	50
Глава 5. Расчет параметров кабеля и технологических режимов его изготовления	65
<i>5.1 Скрутка конструктивных элементов</i>	65
<i>5.2 Изолирование конструктивных элементов</i>	67
<i>5.3Наложение экранов</i>	75
<i>5.4Расчет первичных параметров кабеля</i>	89
<i>5.5 Расчет вторичных параметров кабеля</i>	91
Заключение	94

Глава 6. Социальная ответственность	95
<i>6.1.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. 96</i>	
<i>6.1.2. Производственная безопасность..... 100</i>	
<i>6.1.3. Экологическая безопасность 106</i>	
<i>6.1.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях 107</i>	
<i>6.2.1 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..... 109</i>	
<i>6.2.2. Расчет материальных затрат НТИ Расчет материальных затрат НТИ 111</i>	
<i>6.2.3. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления). 115</i>	
<i>6.2.4. Накладные расходы 116</i>	
<i>6.2.5. Формирование затрат на проектирование..... 116</i>	
<i>6.2.6. Анализ конкурентных технических решений..... 117</i>	
<i>6.2.7. Определение экономической эффективности проекта 119</i>	
<i>Список используемых источников..... 122</i>	
<i>Приложение А..... 124</i>	

ВВЕДЕНИЕ

В течение последних ста лет во всех областях техники все более широкое применение находили средства контроля и управления электрическими, тепловыми, химическими и другими процессами.

Задача подведения управляющих сигналов к техническим устройствам и съема информации вначале решалась введением сигнальных жил в существовавшие конструкции силовых кабелей, подводящих электроэнергию к этим устройствам. Однако по мере развития техники увеличивалось количество объектов контроля и управления, усложнялись требования к ним, и комбинированные кабели оказались непригодными для решения новых задач. Это привело к созданию группы контрольных и сигнально-блокировочных кабелей, предназначенных для группового питания контрольно-измерительной аппаратуры электрических станций и подстанций, для использования в системах сигнализации и блокировки на железных дорогах, для пожарной сигнализации и т.д.

Следует отметить, что задачи, решавшиеся с помощью контрольных кабелей, остаются достаточно актуальными до настоящего времени и эти кабели продолжают совершенствоваться.

Вместе с тем появление в последние годы различной аппаратуры с использованием новейших средств автоматики и радиоэлектроники, тенденция к миниатюризации этой аппаратуры обусловили расширение и ужесточение требований, предъявляемых к ее элементам:

- значительное увеличение числа электрических цепей в одном кабеле при одновременном существенном снижении токопроводящих жил;
- создание конструкций кабелей, предназначенных для подвижной эксплуатации (переносные пульты, подъемно-транспортные механизмы, машины металлургического производства);
- обеспечение защиты цепей управления от внешних и внутренних электромагнитных помех;

- стойкость кабелей к различным климатическим, механическим и специальным воздействиям, определяемым разнообразными условиями эксплуатации аппаратуры;
- минимально возможные массы и габариты кабелей;
- максимальная надежность.

Реализация этих требований привела к созданию новой группы кабелей, получивших в отечественной практике название кабелей управления. За рубежом такие кабели продолжают называть контрольными (InstrumentalCables) или, в редких случаях, инструментальными.

Глава 1. Классификация и конструкции кабелей управления

Кабели управления предназначены для передачи сигналов малой мощности от датчиков к аппаратуре контроля и используются для дистанционного управления исполнительными механизмами.

Кабели делятся на

- *кабели общего назначения,*
- *кабели целевого назначения.*

Кабели общего назначения служат для соединения стандартной аппаратуры массового использования, поэтому они выпускаются в больших объемах, а их конструкции и технология изготовления максимально унифицированы [13].

Кабели целевого назначения применяются в отдельных отраслях со специфическими условиями эксплуатации или в конкретных объектах техники с определенными, заранее заданным составом и расположением цепей управления. Они предназначены для судов и авиационной техники, гибких производственных систем и модулей, роботов, манипуляторов, персональных ЭВМ и др. Эти кабели, как правило, выпускаются в небольших количествах и унификации не подлежат.

Другим признаком кабелей управления является сочетание материалов изоляции и оболочек представленные в таблице 1.

Таблица 1. Наименование кабеля в зависимости от материала

Материал изоляции	Материал оболочки	Буквенное обозначение	
Резина нормальнойнагревостойкости	Резина нормальнойнагревостойкости	Р	Р
ПВХ-пластикат	ПВХ-пластикат	В	В
Полиэтилен высокой плотности	Резина нормальнойнагревостойкости	Р	П
Полиэтилен-капрон	Резина нормальнойнагревостойкости	ПК	Р
Фторопласт	Резина нормальнойнагревостойкости	Ф	Р
Фторопласт	Кремний органическая резина	Ф	С
Полиэтилен	Полиуретан	П	У

1.1. Разделение по конструкционному исполнению и помехозащищенности

По форме исполнения кабели управления могут быть: круглыми, плоскими (Рисунок 1).

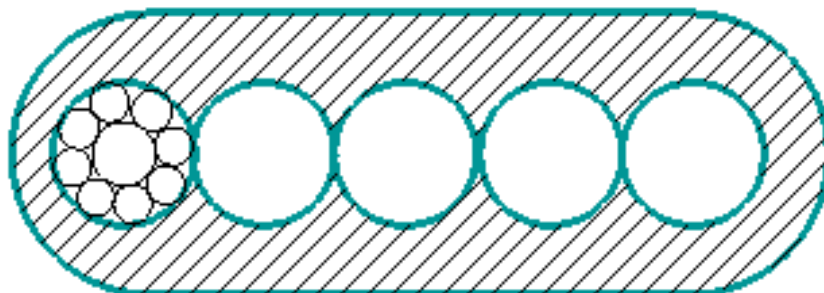


Рисунок 1. Схема плоского кабеля управления

Использование последних, особенно для неподвижной прокладки, дает большую экономию в габаритах и массе кабельной сети, а также снижает трудоемкость изготовления кабелей[8].

По степени помехозащищенности: кабели управления делятся на неэкранированные (требования помехозащищенности не предъявляется), с частью или всеми экранированными жилами (защита от взаимного влияния цепей), в общем или двойном общем экране (защита от внешних помех).

По конструктивному исполнению сердечника: кабели управления могут быть (Рисунок 2):

- однородными, состоящими из экранированных или неэкранированных жил или пар одного и того же сечения;
- неоднородными, состоящими из экранированных или неэкранированных жил разных сечений, а также с частью экранированных жил;
- комбинированными, состоящими из разных по назначению элементов (цепи контроля и управления, силовые цепи, высокочастотные и световые цепи).

1.2. Разделение по видам эксплуатации

По способу использования различают кабели управления:

1. стационарной прокладки (в процессе эксплуатации не подвергаются изгибам и осевым закручиваниям),
2. ограниченной подвижности (в процессе эксплуатации периодически подвергаются ограниченному количеству смоток и намоток, изгибов и осевых закручиваний)
3. непрерывной подвижной эксплуатации.

От способа использования зависят конструкции, а следовательно, и стоимость кабеля.

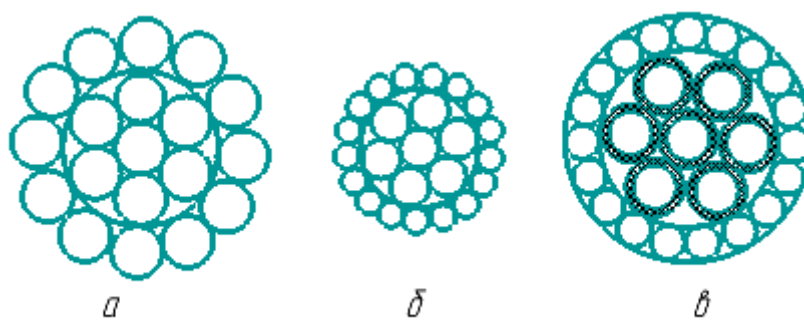


Рисунок 2. Принципиальная схема конструктивного выполнения сердечников кабелей управления
а-однородных;б-неоднородных;в-комбинированных

Кабели для стационарной прокладки имеют самую простую и дешевую конструкцию (однопроводящие токопроводящие жилы, большие по сравнению с другими кабелями шаги скрутки изолированных жил и т.д.), а кабели для подвижной эксплуатации – наиболее сложную и дорогостоящую (особо гибкие токопроводящие жилы, наличие эластичного сердечника и т.д.)[10].

В кабелях управления, используемых в полевых условиях, с целью защиты от грызунов поверх защитной оболочки накладывается панцирная броня в виде оплетки из стальных оцинкованных проволок[9]. При прокладке кабелей в грунте оплетка выполняется из стальных нержавеющей проволок. Для некоторых специфических областей применения, например в

телескопических и парашютных устройствах, используются так называемые растягивающие кабели управления. Использование этих кабелей позволяет в некоторых случаях проводить профилактические осмотры и ремонт блоков аппаратуры без применения соединителей и разъемов, что значительно снижает объемы и массу аппаратуры при монтаже гибких производственных систем и модулей, роботов и манипуляторов. Конструктивно они могут быть двух типов [5]:

- кабель, сочетающий эластичный сердечник и оболочку и спирально намотанные между ними повивы изолированных жил (Рисунок 3)



Рисунок 3. Схема растягивающего кабеля управления

- обычный кабель управления, сформированный специальными технологическими приемами в спираль (по типу телефонных шнуров) (Рисунок 4)

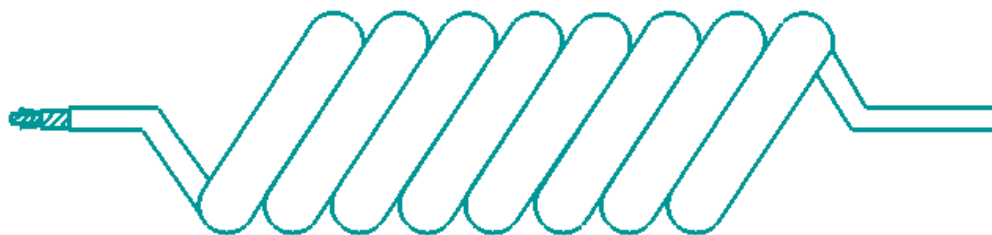


Рисунок 4. Схема растягивающего кабеля управления

Первая конструкция более экономична, однако допустимое относительное удлинение таких кабелей ограничивается 2-40%.

Стандартизация отечественных кабелей управления построена на основе технических условий. В соответствии с ГОСТ 18404.0-78 для кабелей управления установлены следующие размерные и параметрические ряды:

- Ряд сечений токопроводящих жил
0,03;0,05;0,08;0,12;0,20;0,35;0,50;0,75;1,0;1,5 и 2,5 мм².

- Ряд количества изолированных жил однородных кабелей
3,4,7,14,19,27,30,37,52,61,91,108,127.
- Ряд рабочих напряжений:
 - ✓ На переменном токе 100,250,500 и 1000 В;
 - ✓ На постоянном токе 150,400,700 и 1400 В.

Принципы маркообразования кабелей управления регламентированы ГОСТ 18404.0-78. Каждому кабелю присваивают марку, состоящую из буквенных обозначений, указывающих последовательно: группу кабелей (КУ), материал изоляции, наличие общего одинарного (Э) или двойного (ЭЭ) экрана, материал оболочки, наличие панцирной оплетки (П). Если кабель имеет плоскую форму, перед обозначением марки ставится буква П.

Каждой конструкции кабеля присваивается обозначение, состоящее из марки с добавлением цифр, последовательно указывающих: число изолированных жил, сечение и рабочее напряжение переменного тока. В кабелях с экранированными жилами к числу изолированных жил добавляется буква «э». Число изолированных жил для кабелей с частью экранированных жил обозначено дробью, в числителе которой указывается общее число жил, а в знаменателе – количество экранированных с буквой «э». Число и сечение жил в кабелях с жилами разных сочетаний обозначается суммой, первое слагаемое которой представляет число жил большего, а второе-число жил меньшего сечения.

При обозначении кабелей парной скрутки вместо числа изолированных жил указывается число пар.

Глава 2. Материалы изоляции

В производстве кабелей и проводов повышение производительности труда достигается прежде всего путем применения пластмасс и резин, так как полимерные материалы и смеси на их основе можно перерабатывать высокопроизводительным методом экструзии. Одновременно метод экструзии позволяет автоматизировать производство кабельной продукции путем объединения в единый технологический процесс операций экструдирования, волочения, отжига, испытаний и т.д.

Важная задача, решаемая при внедрении в кабельное производство пластмасс и резин – снижение материалоемкости. Так, например, применение полимерных оболочек и изоляции позволяет в большинстве случаев отказаться от использования металлических оболочек, в частности, из остродефицитного свинца, и резко снизить массу кабелей. Применение полимерных материалов с меньшей плотностью позволяет не только уменьшить массу кабельного изделия, но и дает возможность из одного и того же количества материала выпустить большее количество кабеля.

Изоляцию кабелей управления выполняют из следующих материалов: ПЭ высокой плотности, ПВХ пластикат, резина и фторопласт. Рассмотрим наиболее применяемые материалы в ОКБ КП.

2.1. Фторопласт

Среди элементоорганических полимеров полиорганосилоксаны и фторсодержащие полимеры являются промышленными полимерами полунеорганического типа [17]. Хотя четких представлений о взаимосвязи строения полимеров с их термоустойчивостью в середине 20 века еще не было, были разработаны фторсодержащие и кремнийорганические (полисилоксаны, силиконы) полимеры и организовано промышленное производство большого ассортимента полимерных материалов на их основе [11].

Фторопласты – это полимеры, образованные из мономеров, содержащих фтор. Производство их, начатое в конце 40-х-начале 50-х годов, постоянно

расширялось и к настоящему времени изготавливается ряд типов фторопластов, многие из которых имеют несколько различных марок. Постоянно растет и ассортимент кабелей с применением фторополимеров. Это прежде всего провода и кабели повышенной нагревостойкости для авиационно-космической техники и радиоэлектроники [18]. В радиочастотных кабелях используют прекрасные диэлектрические свойства фторполимеров, в других случаях – химостойкость, негорючесть и радиационную стойкость. По этим причинам фторопласты находят широкое применение в монтажных проводах, радиочастотных кабелях, кабелях и проводах высокого напряжения, бортовых проводах, многожильных монтажных кабелях и кабелях управления, для геофизических исследований, атомных электростанций и др.

Виды фторопласта.

На сегодняшний день можно выделить четыре разновидности фторопласта.

Ф-2М-предназначен для изготовления изоляции кабелей, проводов, волокон, для изготовления пленок, используемых в качестве защитных покрытий, для изготовления трубопроводов, подшипников, стержней. Отличительными чертами Ф-2М являются высокая прочность, упругость, отсутствие пластификаторов, стабилизаторов и катализаторов. Этот вид фторопласта легко перерабатывается, обладает способностью растворяться в апротонных (нейтральных) растворителях. При температуре $25\pm 10^{\circ}\text{C}$ невзрывоопасен, негорюч, при непосредственном контакте не оказывает вредного влияния на человека. При нагревании фторопласта Ф-2М, начиная с температуры 200°C и выше возможно выделение летучих токсичных продуктов, содержащих фтористый водород, оксид углерода. Интенсивное разложение фторопласта-2М начинается при температуре выше 350°C . Внешний вид: гранулы цилиндрической формы размером 2-4 мм бесцветного, желтоватого или серого цвета. Цвет гранул должен быть однородным в пределах одной партии.

Ф-4 . Тяжело воспламеняющийся материал. У *Ф-4* самая высокая плотность среди всех фторопластов именно поэтому является самым популярным материалом в кабельной промышленности. Отличительными чертами политетрафторэтилена являются: малая пористость, высокая гидрофобность так же он устойчив к воздействию температур, выдерживает повышение температур до 260°C, не изменяя своих свойств.

Для сравнения в таблице 2 представлены характеристики, описанных выше фторопластов.

Таблица 2. Основные технические характеристики фторопластов различных марок

Наименование	Плотность, кг/м ³	Температура эксплуатации, °C	Удельное сопротивление, Ом*м	Разрушающее напряжение (растяжение), МПа
Ф-2	1780	-45/+150	1010-1013	44-55
Ф-4	2150-2240	-260/+160	1017-1018	16-35

Как уже ранее было сказано самый популярный вид фторопласта, используемый на предприятиях *Ф-4*, поэтому на сегодняшний день существует несколько разновидностей *Ф-4*:

Ф-4МБ – применяется для изготовления конденсаторной пленки, предназначенной для конденсаторных микрофонов, в качестве изоляционного материала для проводов и кабелей, а также в виде деталей для сверхчастотной изоляции и конструкционных изделий, обладающих стойкостью к агрессивным средам и высоким температурам. Температура эксплуатации материала от минус 190 до плюс 200°C. Внешний вид: гранулы чечевицеобразной или цилиндрической формы размером в любом направлении от 2 до 4 мм. Цвет и чистота гранул должны соответствовать образцу, утвержденному в установленном порядке. Согласно ГОСТ12.1.044 – 89 трудногорючий материал.

Ф-40 Ш – рекомендуемая область применения: для изоляции проводов и кабельных изделий после предварительной грануляции, уплотнительных деталей специального назначения. Интенсивное разложение фторопласта - 40Ш

начинается при температуре 400 °С. Внешний вид: порошок белого цвета без видимых посторонних включений.

Ф-4Д – предназначен для изготовления методом экструзии тонкостенных труб, шлангов, стержней, кабельной изоляции, фторопластового уплотнительного материала и других изделий, применяемых в химической, электротехнической, пищевой и других отраслях промышленности, а также в медицине. Изделия из Фторопласта – 4Д обладают высокими диэлектрическими показателями, стойкостью к сильно действующим агрессивным средам. Температура эксплуатации материала от минус 60°С до плюс 250°С. Внешний вид: мелкий рассыпчатый порошок белого цвета.

Преимущества фторопласта:

- низкий удельный вес;
- отсутствие адгезии;
- диэлектричность;
- устойчивость к радиационным излучениям;
- хорошая эластичность;
- малая пористость;
- низкая теплопроводность;
- высокая тепло- и морозостойкость;
- инертность;
- самозатухание в случае возгорания;
- минимальные коэффициенты статического и динамического трения;
- устойчивость к агрессивным средам и растворителям (за исключением газообразного фактора, трехфтористого хлора, растворов и расплавов щелочных металлов);
- абсолютная физиологическая и биологическая безвредность для людей и окружающей среды;
- возможность обработки методом сверления, точения, фрезерования, шлифования;

- широкий температурный режим эксплуатации: от -260 °С до +260°С;
- температура плавления ± 3700 °С);
- долговечность: минимум 20 лет.

Переработка фторопласта

Термопластичные фторполимеры выпускаются в гранулированном виде. Эти материалы перерабатываются методом экструзии с учетом ряда особенностей технологии экструдирования.

Существует ряд особенностей переработки термопластичных фторполимеров методом экструзии. Первой особенностью являются высокие по сравнению с ПЭ и ПВХ-пластиком температуры переработки и большая вязкость расплава. Следующей особенностью этих материалов являются относительно низкие критические скорости сдвига, ограничивающие скорость экструзии. Важной особенностью этих материалов являются близость температур переработки к температуре разложения. Это следует учитывать как путем ограничения заданных температур, так и путем устранения застойных зон в экструдере. При термодеструкции ухудшаются свойства изоляции, усиливается выделение газообразных продуктов разложения, загрязняющих окружающую среду, вызывающих коррозию металлических частей экструдера и образующих пузыри в изоляции.

Изготовление фторопласта

Фторопластовые изделия могут изготавливаться двумя методами:

Метод механической обработки фторопластовых заготовок (втулок, стержней, пластин). Данная технология производства основана на нагревании обрабатываемого инструмента с учетом небольшого припуска на температурное расширение изделия.

Метод автоматического прессования сыпучего фторопласта [19]. Специфика этого метода заключается в том, что вес изготавливаемой детали не может превышать порог, который устанавливается производственным оборудованием. Однако детали, выполненные данным методом могут иметь

различную высокочастотную форму, при этом снижается расход материалов и уменьшаются сроки выпуска и механической обработки серии изделий.

Фторопласт очень актуален на данный момент в кабельном производстве, обладая большим количеством индивидуальных положительных свойств, фторопласт будет длительное время преобладать на кабельном рынке, который со временем вытеснят фторопластовые полимеры.

2.2. Полиэтилен

Благодаря комплексу ценных качеств полиэтилена (ПЭ) сразу же после своего появления в конце 30-х-начале 40-х годов нашел применение в кабельной технике, и с тех пор выпуск кабелей и проводов с его применением постоянно возрастает. В настоящее время на долю ПЭ приходится около 40 % всего объема пластмасс, применяемых в кабельной промышленности России [16].

Полиэтилен является термопластичным полимером этилена, класс полиолефинов. Это органическое соединение.

Внешний вид полиэтилена: масса белого цвета или в виде тонких прозрачных бесцветных листов. Диэлектрик, химически- и морозостойкий, не чувствительный к ударам другими словами амортизатор, если подвергается высоким температурам, то размягчается, обладает довольно низкой адгезией.

Можно отметить ряд положительных характеристик этого материала. Полиэтилен устойчив к воздействию воды, не вступает в реакцию со щелочами любой концентрации, с растворами нейтральных, кислых и основных солей, органическими и неорганическими кислотами, даже с концентрированной серной кислотой. Но подвержен деструкции, если находится в контакте с 50% азотной кислотой при температуре 23°C-25°C и взаимодействует с жидким газообразным хлором и фтором [4].

При комнатной температуре не растворим, и не набухает ни в одном из известных растворителей. Если находится под действием высоких температур (80°C) растворим в циклогексане и четыреххлористом углероде.

С течением времени разрушается, при этом образуются поперечные межцепные связи, это приводит к появлению такой характеристики как повышенная хрупкость относительно небольшого увеличения прочности. Нестабилизированный полиэтилен в воздухе подвергается термостарению. Термоокислительная деструкция идет по пути радикального механизма, вместе с тем происходит выделение альдегидов, кетонов, перекиси водорода и др.

Видыполиэтилена

Классифицируется полиэтилен по плотности:

- Полиэтилен низкой плотности (высокого давления) – *ПЭНП, ПЭВД, ПВД, LDPE (LowDensityPolyethylene)*
- Полиэтилен высокой плотности (низкого давления) – *ПЭВП, ПЭНД, ПНД, HDPE(HighDensityPolyethylene)*
- Полиэтилен среднего давления (высокой плотности) – *ПЭСД.*
- Линейный полиэтилен средней плотности–*ПЭСП, MDPEили PEMD.*
- Линейный полиэтилен низкой плотности–*ЛПЭНП,LLDPEили PELL.*
- Полиэтилен очень низкой плотности- *VLDPE.*
- Полиэтилен сверхнизкой плотности- *ULDPE*
- Металлоценовый линейный полиэтилен низкой плотности- *MPE*
- Сшитый полиэтилен- *PEXили XLPE,XPE.*
- Высокомолекулярный полиэтилен-*ВМПЭ,НМWPEилиPEНMW* или *VНМWPE.*
- Сверх-высокомолекулярный полиэтилен – *UНМWPE.*

В полиэтилене высокого давления содержатся макромолекулы с боковыми углеводородными цепями C1-C4. Неразветвленностью обладают молекулы полиэтилена низкого давления, содержится большая доля кристаллической фазы, ввиду этого материал обладает большей плотностью; молекулы полиэтилена среднего давления занимают промежуточное положение.

Такое явление как большое количество боковых ответвлений можно объяснить более низким содержанием кристаллической фазы и соответственно более низкой плотностью ПЭВД относительно с ПЭНД и ПЭСД.

Переработка полиэтилена

Изделия, которые изготавливаются из полиэтилена возможно в последующем переработать и применять в различных целях. Полиэтилен, за исключением сверхвысокомолекулярного, подвергается переработке всеми способами, которые на сегодняшний день применяются для этих целей, например экструзия с раздувом, литье под давлением, пневматическое формование. Полиэтилен подвергают экструзии на оборудовании с установленным «универсальным червяком».

Изготовление полиэтилена

Условиями изготовления полиэтилена высокого давления (ПЭВД) или низкой плотности (ПЭНП), являются:

- Температура 200-260°C;
- Давление 150-300 МПа;
- Присутствие инициатора (кислород или органический пероксид);

Продукт выпадает из раствора в виде хлопьев. В итоге полиэтилен, полученный этим методом, имеет молекулярный вес 300 000-400 000, степень кристалличности 80-90%.

Условиями изготовления полиэтилена низкого давления (ПЭНД), или высокой плотности (ПЭВП), являются:

- Температура 120-150°C;
- Давление ниже 0,1-2МПа;
- Присутствие катализатора;

Полимеризация идет в суспензии по ионно-координационному механизму. Полиэтилен, который получен этим методом обладает средневесовым молекулярным весом 80 000-300 000, и степенью кристалличности 75-85%.

Важно отметить, что давление в процессе полимеризации при изготовлении «полиэтилена низкого давления», «среднего давления», «высокой плотности» зачастую одно и то же.

Условиями изготовления полиэтилен среднего давления (ПЭСД) являются:

- температура 100-120 °С;
- давление 3-4МПа;
- присутствие катализатора.

Полиэтилены, используемые в ОКБ КП.

Таблица 3. Композиции на основе полиэтилена, применяемые в ОКБ КП

Марка композиции полиэтилена	Вид добавки	Свойства композиции	Рекомендуемое назначение
153-01К (композиция на основе полиэтилена низкой плотности)	Термостабилизатор	Стойкий к термоокислительному фотоокислительному при переработке и эксплуатации, не рекомендуется к окрашиванию.	Для неокрашиваемой изоляции проводов и кабелей.
153-02К, 178-01(02)К (композиция на основе полиэтилена низкой плотности)	Термостабилизатор	Стойкий к термоокислительному старению при переработке и эксплуатации.	Для окрашиваемой и не окрашиваемой изоляции проводов и кабелей.
153-10К (композиция на основе полиэтилена низкой плотности)	Термостабилизатор Светостабилизатор	Стойкий к термоокислительному фотоокислительному при переработке и	Для наложения изоляции, оболочек и защитных покровов кабелей.
271-70К (композиция на основе полиэтилена высокой плотности)	Термостабилизатор	Стойкий к термоокислительному старению при переработке и эксплуатации.	Для изоляции проводов и кабелей.

Полиэтилен высокого давления- это гранулы, которые имеют одинаковую геометрическую форму в рамках одной партии, размеры гранул должны быть 2-5 мм.

Возможно наличие гранул, размер которых превышает 5-8 мм, но массовая доля не должна превышать 0,25% от массы партии, и гранулы менее 2 мм, их массовая доля не должна превышать 0,5 % от массы партии. Наличие гранул иного цвета, а так же металлических включений не допустимо.

Полиэтилен это материал, который не требует особых мер предосторожности. При температуре 20-25°C он не выделяет в окружающую среду вещества токсичные или опасные для организма человека.

Если полиэтилен подвергается воздействию высоких температур (свыше 140°C), то может произойти выделение в воздух летучих продуктов теплового старения, который содержит органические кислоты (формальдегид, ацетальгид, оксид углерода).

Композицию полиэтилена низкого давления марки 271-70К производят согласно требованиям действующих технических условий по технологической документации.

Композиция выпускается в виде гранул натурального цвета.

Таблица 4. Показатели качества полиэтилена для марки 271-701 К

Наименование показателя	Норма для марки	
	271-701 К	271-701 К
	Высший сорт	Первый сорт
Плотность, г/см ³	0,950	0,955
Показатель текучести расплава, г/10 мин	0,3	0,5
Разброс показателя текучести в пределах партии, % не более	10	15
Кол-во включений, шт., не более	3	15
Стойкость к растягиванию, ч, не менее	500	
Предел текучести при растяжении, МПа (кгс/см ²)	22,6(230)	
Прочность при разрыве, МПа (кгс/см ²), не менее	21,6(200)	
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	700	
Термостабильность при 200°C, мин., не менее	20	
Массовая доля стабилизатора 1,%, не более	0,2	

Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 1 МГц, не более	$2 \cdot 10^{-4}$
Диэлектрическая проницаемость при частоте 1 МГц, не более	2,4
Электрическая прочность (при толщине образца 1 мм) при переменном напряжении и частоте 50 Гц, кВ/мм, не менее.	40

Требования безопасности по ГОСТ16336-77.

В композиции полиэтилена марки 271-701К в процессе переработки возможно выделение оксидов азота. Оксиды азота по токсичности относятся к умеренно опасным веществам и к 3 классу опасности по ГОСТ 12.1.007-76. Максимально допустимая концентрация оксидов азота в воздухе рабочей зоны производственных помещений – 5 мг/м^3 по ГОСТ 12.1.005-88.

Преимущества полиэтилена:

- Низкий вес, меньший диаметр и радиус изгиба
- Высокая пропускная способность
- Низкая повреждаемость
- Прокладка на сложных трассах
- Монтаж без использования специализированной техники

2.3. Поливинилхлоридные пластикаты (ПВХ пластикаты)

ПВХ пластикаты до настоящего времени являются основными изоляционными и защитными материалами, применяемые в производстве кабелей и проводов. Они представляют собой композицию поливинилхлорида (ПВХ) и ряда ингредиентов, в число которых входят пластификаторы, стабилизаторы, смазывающие вещества, пигменты и наполнители.

Переработка ПВХ

Поливинилхлорид (ПВХ) является термопластом, иными словами его возможно перерабатывать повторно. Получение ПВХ основано на синтетическом методе. В состав материала входит этилен, производимый из

нефти (около 40%) и связанного хлора, синтезируемого из поваренной соли (около 60 %), и выглядит как белый порошок.

В ходе переработки в порошок добавляют различные стабилизаторы.

Стабилизаторы повышают стойкость пластика к воздействию теплоты и света. Наиболее эффективными стабилизаторами являются соединения свинца-стеарат свинца, свинцовые белила, свинцовый сурик, которые вводятся в пластик в соотношении 13-18 массовых частей на 100 ПВХ [20]. Действие стабилизаторов основано на способности связываться с хлористым водородом, выделяющимся при разложении ПВХ и приостанавливать его каталитическое влияние на дальнейшее разложение смолы.

Наполнители добавляются в пластикаты для улучшения их механических характеристик и снижения стоимости. В качестве наполнителей используют мел, тальк, каолин, аэросил. В основном используется природный обогащенный мел, но лучшие результаты дает применение химически осажденного мела, получаемого при обработке гашеной извести углекислотой и имеющего повышенную дисперсность. Тальк- порошкообразный продукт, являющийся водным силикатом магния. По сравнению с мелом тальк обладает более низким влагопоглощением.

Наличие таких добавок зависит от того в каких целях будет использоваться материал. Обработка ПВХ возможна благодаря модификаторам, так же они придают материалу пластичность. В общем, при изготовлении продукции из ПВХ, пригодной для использования в изначальный порошок добавляют еще 10-15 компонентов, в итоге материал получается устойчивым к агрессивным воздействиям атмосферных явлений, кислот, щелочей, растворителей и других веществ, и при этом выглядит достаточно эстетично.

ИзготовлениеПВХ

Процесс производства ПВХдостаточно трудоемкий, он начинается с добычи хлора путем электролиза соляного раствора. Затем с помощью хлорирования этилена получают дихлорэтан (ДХЭ). Потом пиролизом ДХЭ получают винилхлоридмономер (ВХМ), который на следующем этапе

полимеризуют в ПВХ. В современных технологиях наряду с прямым хлорированием этилена используют также процесс оксихлорирования, в рамках которого «утилизируется» хлористый водород, поступающий с установки пиролиза ДХЭ, и вырабатывается тот же самый ДХЭ.

И, конечно, для строительства комплекса ПВХ необходимо наличие этилена, без которого описанный выше процесс существовать не сможет.

Таким образом, для выпуска ПВХ необходимы три ключевых вида сырья: этилен для производства ДХЭ, соль и электричество – для хлора, а также создание 4-5 производственных пределов

Несмотря на то, что ПВХ был изобретен достаточно давно (в 1835 году), широко в промышленности он начал применяться в середине двадцатого века. На сегодняшний день поливинилхлорид и конструкции, в которых он содержится это основа достаточно многих отраслей промышленности.

Кабель с поливинилхлоридной изоляцией обычно прокладывают в зданиях, а не под открытым небом, поскольку он не рассчитан на сильные морозы и вредное воздействие ультрафиолета. Тем не менее, разработан ряд модификаций, которые способны выдерживать температуру до -60°C . Для защиты от солнца кабель прокладывают в трубах. Добавление таких пластификаторов, как тальк, карбонат кальция и каолин их эластичность и стойкость к морозам.

ПВХ, используемый в ОКБ КП.

На предприятии ОКБ КП используется большой ассортимент ПВХ, большинство из марок является интеллектуальной собственностью. Мы рассмотрим 2 вида ПВХ материала марок: О-50, И-40-13А.

Характеристики марки О-50

Удельное объемное электрическое сопротивление при 20°C : не менее $1,0 \cdot 10^{10}$ Ом·см.

Прочность при разрыве: не менее 15,7 (162) МПа (кгс/см^2).

Относительное удлинение при разрыве: не менее 280 %.

Температура хрупкости: не выше -50°C .

Твердость при 20°C: 1,57(16) МПа (кгс/см²).

Водопоглощение: не более 0,30 %.

Плотность: 1,21-1,31 кг/см³.

Пластикат поливинилхлоридный О-50 первого сорта представляет собой термопластичный материал, полученный переработкой поливинилхлоридной композиции. Упаковывается в специализированные мягкие контейнеры весом 0,8-1т.

Используется для защиты оболочек проводов и кабелей, которые работают в зависимости от марки и конструкции кабельных изделий в интервале температур от минус 50°C до плюс 70°C.

Характеристики марки И-40-13А.

Обеспечивает надежность и долговечность проводов и кабелей, работающих в интервале температур от -40 до 70°C. Характеризуются высоким удельным объемным электрическим сопротивлением в сочетании с хорошей морозостойкостью и высокими прочностными свойствами.

На данный момент ПВХ, ПЭ и Фторопласт очень актуален в кабельном производстве, но из-за ряда положительных свойств наиболее часто в качестве материала изоляции для кабелей управления используется фторопласт.

Характеристики марки ОНЗ-40.

Поливинилхлоридный пластикат предназначен для изоляции, а также для защитных оболочек проводов и кабелей, работающих в зависимости от конструкции провода и кабеля в диапазоне температур от минус 60 до плюс 70 °С. Предназначен для оболочек с низким запахом. Пластикат изготавливают в виде гранул.

Достоинства:

- отличная пропускная способность;
- высокий допустимый ток нагрузки (по сравнению с аналогами с бумажной изоляцией на 30% выше);
- экологическая безопасность;
- малый вес, средний диаметр и большой радиус изгиба

- высокий ток термической стойкости при коротком замыкании (до 250°C)

- незначительный показатель потерь в изоляции (0,001)

Из *недостатков* можно выделить:

- под действием ультрафиолетовых лучей активизируется процесс старения;
- отсутствует стойкость к воздействию высоких температур.
- горючесть

Глава 3. Методы испытаний

Под испытаниями понимается экспериментальное определение количественных и (или) качественных характеристик свойств объекта испытаний как результата воздействия на него при его функционировании, при моделировании объекта и (или) воздействий.

Под объектом испытаний понимается продукция, подвергаемая испытаниям, в том числе и кабельная.

3.1. Виды испытаний

Все испытания, применяемые в кабельной технике, можно разделить на три большие группы.

1. Входной контроль материалов и полуфабрикатов, поступающих на кабельный завод и используемых для производства кабелей и проводов. Испытываются электроизоляционные и защитные материалы, проводниковые материалы, ингредиенты резиновых смесей, проволока для бронирования кабелей, элементы соединительных и концевых муфт и т.д.

2. Приемосдаточные, периодические и типовые испытания кабельной продукции, при которых проводится проверка готовой продукции на соответствие стандартам и техническим условиям.

3. Испытания, проводимые при разработке или модернизации кабельных изделий, при научных исследованиях новых материалов для производства кабелей и проводов, а также самих кабельных изделий.

Автоматизация испытаний позволяет использовать автоматические методы непрерывного контроля параметров кабельной продукции непосредственно в процессе производства[7]. Для различных типов кабельной продукции применяются разные методы испытаний, специфические для четырех основных групп кабельных изделий: электроэнергетического назначения, телекоммуникационного назначения, для транспорта, для использования в качестве комплектующих оборудования и машин. Для всех этих групп важное значение имеют испытания на надежность, которые

позволяют как производителю, так и потребителю ориентироваться при оценке сроков службы и сохраняемости кабельного изделия, его ресурса и т.д [13].

Приемо-сдаточные испытания- это контрольные испытания продукции при приемочном контроле. Приемо-сдаточные испытания проводят в целях контроля соответствия продукции, требованиям технической документации для данной категории испытаний, а также контрольному образцу или эталону (если они предусмотрены в технической документации) для определения возможности приемки продукции. Приемно-сдаточные испытания проводят с применением сплошного или выборочного контроля. Выборочный контроль проводится как правило статическим методом. При этом в технической документации на продукцию предусматриваются условия перехода от нормального контроля к ослабленному или усиленному в зависимости от получаемых результатов контроля по определенному критерию.

Периодические испытания – это испытания, проводимые для периодического подтверждения качества продукции и стабильности технологического процесса в установленный период в целях подтверждения возможности продолжения изготовления продукции по действующей конструкторско-технологической документации и продолжения ее приемки. Периодичность испытаний может быть задана по времени, по количеству изготовленной продукции, для контролируемой партии продукции по согласованию между изготовителем и потребителем. Так как кабельная продукция в подавляющем большинстве случаев имеет типоразмерные ряды, то периодическим испытаниям подвергаются типовые представители продукции (при условии единого технологического процесса изготовления продукции или при других условиях, оговоренных в других нормативных документах). Если образцы продукции не выдержали периодических испытаний, то приемку и отгрузку принятой продукции приостанавливают до выявления причин возникновения дефектов, их устранения и получения положительных результатов очередных (последующих) периодических испытаний, проведенных с соблюдением установленных в стандартах норм периодичности.

Типовые испытания—это испытания, проводимые в целях оценки эффективности и целесообразности предлагаемых изменений в конструкции или технологии изготовления, которые могут повлиять на технические характеристики продукции, связанные с безопасностью для жизни и здоровья населения, либо повлиять на эксплуатацию продукции, в том числе на важнейшие потребительские свойства продукции или соблюдение условий охраны окружающей среды. Типовые испытания как правило включают необходимые проверки из состава приемо-сдаточных и периодических испытаний; требования по количеству образцов, необходимых для проведения типовых испытаний; указания об использовании образцов, подвергнутых типовым испытаниям.

3.2. Основные испытания готовых кабелей (электрические параметры)

Сам по себе технический перечень испытаний кабельной продукции обширен, однако его можно свести к нескольким группам основных испытаний, цель которых оценить как качество изготовленных кабелей и проводов, так и их потребительские свойства.

1. *Определение конструктивных размеров и физико-механических характеристик.* Это определение геометрических размеров; испытание образцов растяжением, при изгибе и перемотке; специальные методы физико-механических испытаний.

2. *Измерение электрического сопротивления изоляции кабелей и проводов.* Это, прежде всего, измерение электрического сопротивления с помощью мостов постоянного тока, а также определение места повреждения в кабеле с помощью измерения сопротивления жил. Последнее применяется, если одна из жил кабеля замыкается на другую жилу или оболочку через переходное сопротивление не более 10^4 Ом.

3. *Измерение электрического сопротивления изоляции кабелей и проводов.* Измерения электрического сопротивления и емкости изоляции

проводят методом непосредственного отсчета показаний гальванометра и сравнения полученных значений с образцовым сопротивлением и емкостями.

Если измеряется сопротивление изоляции, превышающее 10^{11} Ом, то чувствительность измерительных схем с применением гальванометра оказывается недостаточной. В таких случаях используют схемы с усилителями, в основном транзисторного типа.

4. *Измерение полного сопротивления, емкости и тангенса угла диэлектрических потерь материалов и кабелей при различных частотах.* К этой группе методов относится измерение емкости и тангенса угла диэлектрических потерь при частоте 50 Гц с помощью мостовых схем (с защитным напряжением, защитной цепью или заземлением одного из электродов образца). Если измерения проводят при частотах 10^3 - 10^6 Гц, то при использовании обычных мостовых схем на результаты измерений начинают влиять собственные емкости и индуктивности элементов схемы. В этом случае используют специальные схемы резисторно-емкостных мостов, в которых, кроме того, обеспечено экранирование как каждого элемента схемы, так и всей схемы в целом. При частотах до 200 МГц т более используют резонансные методы измерений емкости $tg\delta$: до 200 МГц применяют электрические цепи с сосредоточенными параметрами, а при более высоких частотах - приборы с объемными резонаторами.

5. *Испытания повышенным электрическим напряжением.* Эти испытания проводятся при переменном, постоянном и импульсной напряжениях. Испытания повышенным напряжением могут быть кратковременными (длительность приложения напряжения до 24ч) и длительными.

6. *Испытания на частичные разряды в электрической изоляции.* Частичные разряды происходят в отдельных элементах изоляции, развиваясь в газовых включениях или масляных прослойках. Пробоя изоляции при этом не происходит, но потери в диэлектрике возрастают за счет увеличения $tg\delta$. Испытания по определению прироста $tg\delta$ проводят при повышении напряжения от половины номинального до испытательного. Методы оценок

частичных разрядов основаны на регистрации электрических импульсов при повышении испытательного напряжения.

7. *Испытания в целях определения характеристик кабелей связи и радиочастотных кабелей.* Эти испытания проводят для измерения рабочей емкости, емкостной асимметрии и емкостных связей в кабелях. Кроме того, измеряют первичные и вторичные параметры кабелей при частотах 250 МГц. Первичные параметры- активное электрическое сопротивление, индуктивность, емкость и активная проводимость изоляции. Вторичные параметры- волновое сопротивление, коэффициент распространения волны, затухание, полное сопротивление, коэффициент фазы. Измеряют также параметры, характеризующие взаимные и внешние влияния в кабелях. Измерения параметров кабелей на сверхчастотах (150 МГц и выше) проводят с помощью коаксиальных или волноводных измерительных линий, включаемых между кабелем и генератором. Измеряют также неоднородности в кабельных линиях.

Как правило, электрические и климатические испытания кабелей управления аналогичны подобным испытаниям других групп кабелей и проводов. Наибольший интерес представляют механические испытания, поскольку в них отражаются специфические особенности кабелей управления.

3.3. Механические испытания

1. Стойкости к перемоткам и осевым кручениям

Требования по стойкости к перемоткам и осевым кручениям распространяются только на кабели управления, предназначенные для подвижной и ограниченно подвижной эксплуатации.

Стойкость к перемоткам оценивается допустимым количеством смоток-намоток с барабана на барабан для данной конструкции кабеля диаметром шеек, при заданной скорости и натяжении. Испытания проводятся в соответствии с ГОСТ 12182.4-80.

Установка для испытания (Рисунок 5) состоит из приемоотдающего устройства, обеспечивающего перемотку образца кабеля длиной не менее 2 м со скоростью не менее 10 м/мин; сменных барабанов с различными диаметрами

шеек; механизма, обеспечивающего плавность пуска, останова и изменения направления перемотки; натяжного устройства. Цикл испытания заключается в двукратной перемотке образца с барабана на барабан.

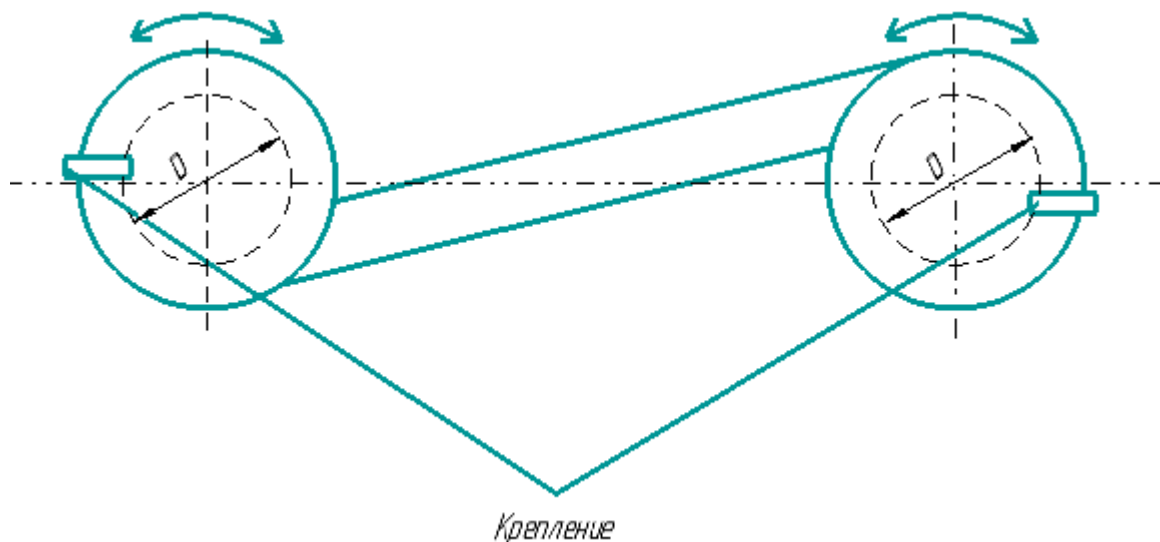


Рисунок 5. Принципиальная схема испытаний на стойкость к перемоткам D-диаметр шеек барабанов

Стойкость кабелей к осевым кручениям определяется допустимым количеством циклов осевого закручивания отрезка кабеля длиной не менее 2 м вокруг его оси на угол $\pm 360^\circ$. Испытания проводятся в соответствии с ГОСТ 12182.7-80.

Установка для испытания (Рисунок 6) состоит из зажима, вращающегося с частотой 40-60 мин, угол вращения $\pm 360^\circ$; зажима, имеющего свободное возвратно-поступательное перемещение; натяжного устройства-груза. Один конец образца закрепляют во вращающемся зажиме, другой – в зажиме с возвратно-поступательным перемещением, который под действием груза перемещается по направлению оси образца, создавая натяжение. Один цикл испытания включает в себя закручивание образца на 360° и возвращение в исходное состояние.

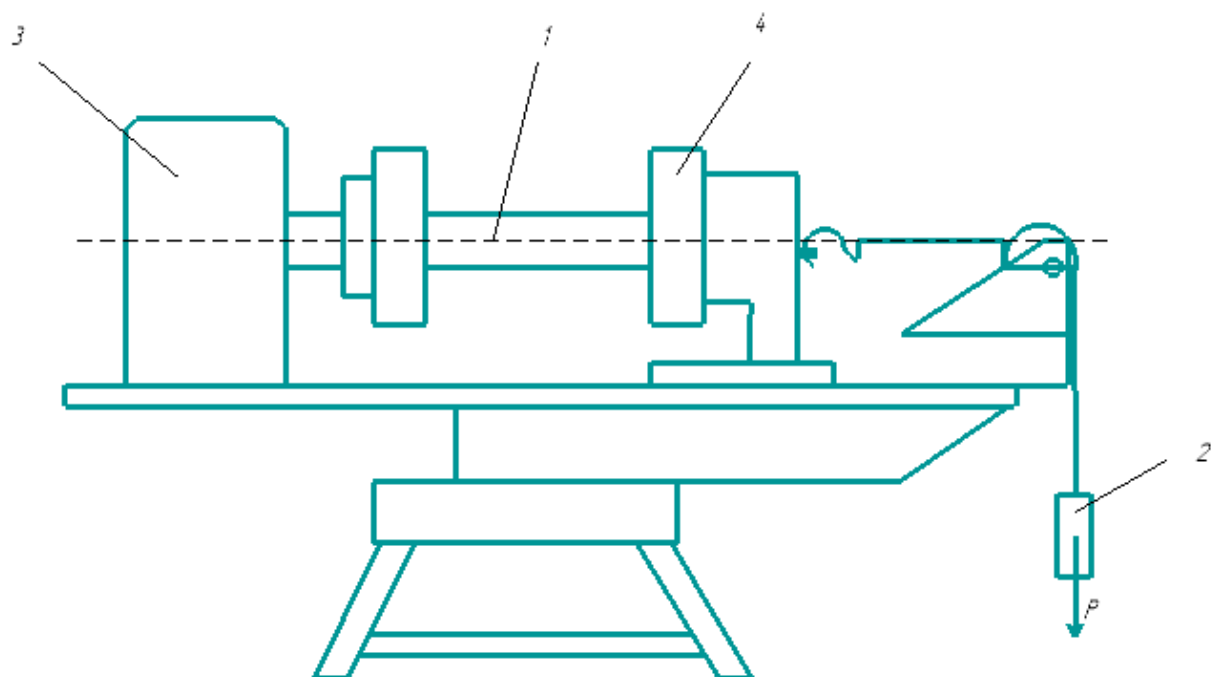


Рисунок 6. Принципиальная схема испытаний кабелей на стойкость к осевым кручениям. 1-испытуемый образец; 2- груз; 3 –вращающийся зажим; 4- зажим, имеющий возвратно-поступательное перемещение

2. Испытания на изгиб с осевыми кручениями

Эти испытания проводятся в соответствии с ГОСТ 12182.3-80.

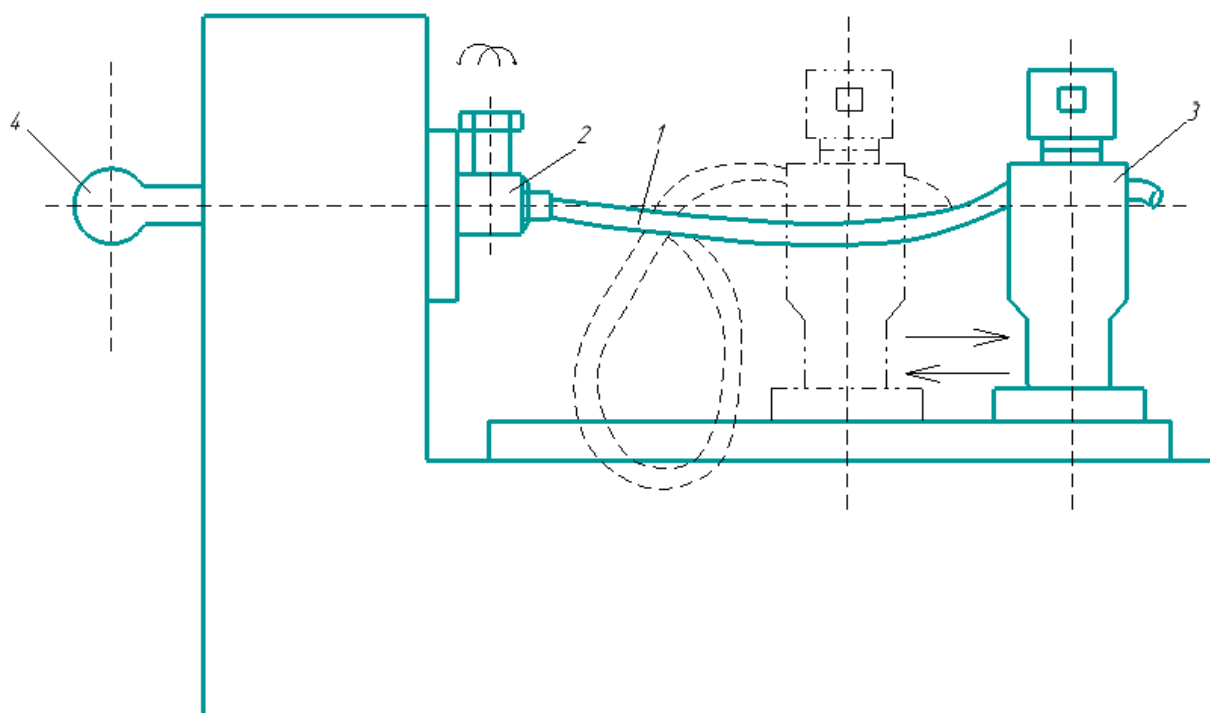


Рисунок 7. Принципиальная схема установки для испытаний на изгиб с осевым кручением

Установка для испытания (Рисунок 7) состоит из вращающегося зажима 2, зажима с возвратно-поступательным движением 3, механизма 4, обеспечивающего вращение зажима до 6 оборотов с частотой вращения не более 100 мин и возвратно-поступательное движение другого зажима на участке 1,5 м со скоростью 20-30 м/мин. Цикл испытаний заключается в закручивании образца 1 на задний угол, сближении зажимов, растягивания образца до его раскручивания (исходного положения). Во втором цикле повторяются те же операции с закручиванием образца в противоположном направлении. При испытаниях на изгиб с осевым закручиванием контролируется целостность токопроводящих жил, отсутствие повреждение наружной оболочки, сохранение электрической прочности изоляции при испытании напряжением.

3. Испытания на геометрическую устойчивость

В последние 10-20 лет для характеристики кабелей управления и других гибких многожильных кабелей используют термин «геометрическая устойчивость». Его появление связано с довольно распространенным способом подвижной эксплуатации, когда один конец свернутого в бухту кабеля, заделанный в разъем, неподвижен, а другой конец, тоже в разъеме, периодически поднимается, расправляя кабель, и опускается, снова образуя бухту. При подобных деформациях кабель подвергается одновременному воздействию изгибающих и закручивающих нагрузок.

В результате после 300-500 подобных жестких воздействий кабель управления стандартной конструкции теряет геометрическую форму и закручивается в «спираль» (Рисунок 8).

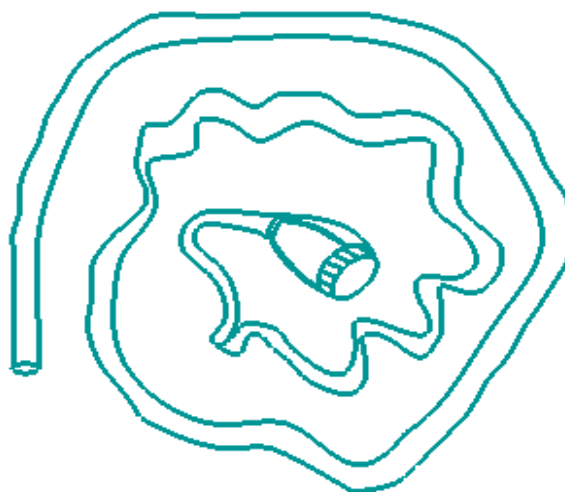


Рисунок 8. Внешний вид кабеля управления, потерявшего геометрическую устойчивость (образование «спирали»)

Для определения оптимальной по геометрической устойчивости конструкции проводят испытания кабелей на испытательном стенде наиболее близко имитирующем реальные условия эксплуатации (Рисунок 9).

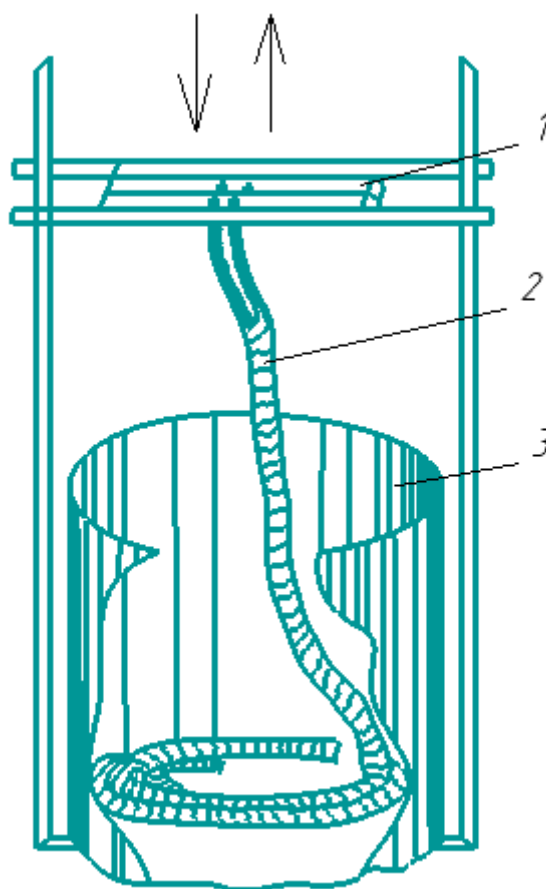


Рисунок 9. Принципиальная схема испытаний на геометрическую устойчивость

Образцы кабелей длиной не менее 4,0 м комплектуют в кабельный ствол, который должен содержать не более четырех образцов кабелей одного маркоразмера. Допускается проводить испытания одиночного кабеля. Кабельный ствол предварительно закручивают на угол не более π рад/мм вокруг оси в направлении, совпадающем с направлением скрутки токопроводящих жил внешнего повива, и скрепляют жесткими хомутиками. Расстояние между местами скрепления не должно превышать 0,7 м.

Подготовленный кабельный ствол свертывают в бухту, направление укладки которой должно совпадать с направлением скрутки токопроводящих жил внешнего повива(в «закрутку»), и укладывают в направляющий цилиндр 3. Между бухтой и направляющим цилиндром должен быть зазор.

Нижний конец кабельного ствола жестко крепят к основанию цилиндра, а верхний закрепляют в подвижное устройство 1, имитирующее разъем.

Подвижное устройство плавно перемещается с частотой не более 6 циклов в минуту из нижнего положения вверх и обратно вниз.

Величина растягивающего усилия в крайнем верхнем положении должна обеспечивать прямолинейность кабельного ствола. При движении подвижного устройства вниз кабельный ствол должен самопроизвольно укладываться в бухту в направляющем цилиндре.

При испытаниях на геометрическую устойчивость контролируется отсутствие повреждений. При испытаниях на геометрическую устойчивость контролируется отсутствие повреждений на поверхности наружной оболочки, отсутствие вздутий и признаков «спирали», сохранение электрической прочности изоляции при испытании напряжением.

4. Испытания на стойкость к воздействию внутреннего и внешнего давления

Требование сохранения оболочкой кабеля герметичности при воздействии на нее внутреннего избыточного давления газа или внешнего статического гидравлического давления предъявляется к кабелям управления, предназначенным для эксплуатации в воде. Поскольку внутри кабеля (под

оболочкой) всегда имеются воздушные каналы, внутреннее избыточное давление препятствует распространению воды вдоль кабеля при механическом повреждении оболочки[5].

Количественно стойкость кабелей к воздействию внутреннего и внешнего давления оценивается допустимым давлением и временем его приложения. Критерием стойкости к внутреннему давлению являются сохранение герметичности оболочки и допустимое увеличение диаметра кабеля, к внешнему- сохранение герметичности оболочки и установленного уровня электрических характеристик. Испытания проводят по методике, регламентированной ГОСТ 18404.0-78.

Принципиальная схема установки для испытаний на внутреннее давление приведена на Рисунке 10.

Образец кабеля с обеих сторон ровно отрезается в плоскости, перпендикулярной оси кабеля. С каждого конца образец 4 с помощью гайки 6, металлических колец 8, резинового кольца 7 уплотняют в корпус сальника 3. Один сальник с уплотненным концом кабеля через автоматический клапан 2 подсоединяют к распределительной гребенке 1, другой сальник на втором конце кабеля, снабженный манометром 5, располагают свободно. Сухой воздух или азот через распределительную гребенку и автоматический клапан подается под внутреннюю оболочку кабеля до тех пор, пока закрепленный на противоположном конце кабеля манометр 5 не покажет заданное значение установившегося давления. Герметичность оболочки определяют по отсутствию утечки газа через защитную оболочку при погружении испытываемого образца в воду.

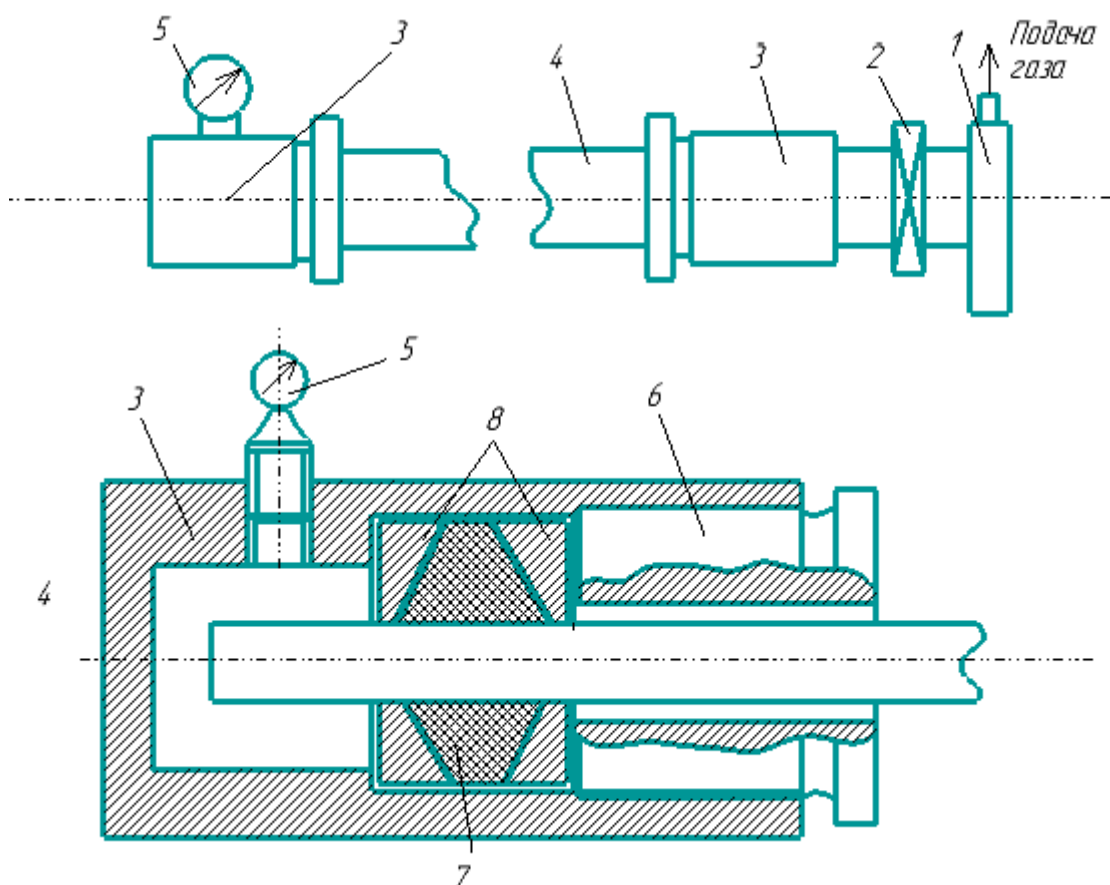


Рисунок 10. Принципиальная схема установки для испытаний на внутреннее давление

При испытании на внешнее статическое гидравлическое давление (Рисунок 11) образец кабеля 1 длиной не менее 1 м помещают в трубу 2, соединенную с гидравлическим насосом 4. Места выхода концов образца из трубы герметизируют с помощью резиновых сальников. Трубу заполняют воздействующей жидкостью 3 и создают требуемое давление.

Герметичность оболочки проверяют по отсутствию течи жидкости из-под оболочки с выведенных концов кабеля. В процессе воздействия гидравлического давления и после его снятия контролируют изменение электрического сопротивления изоляции.

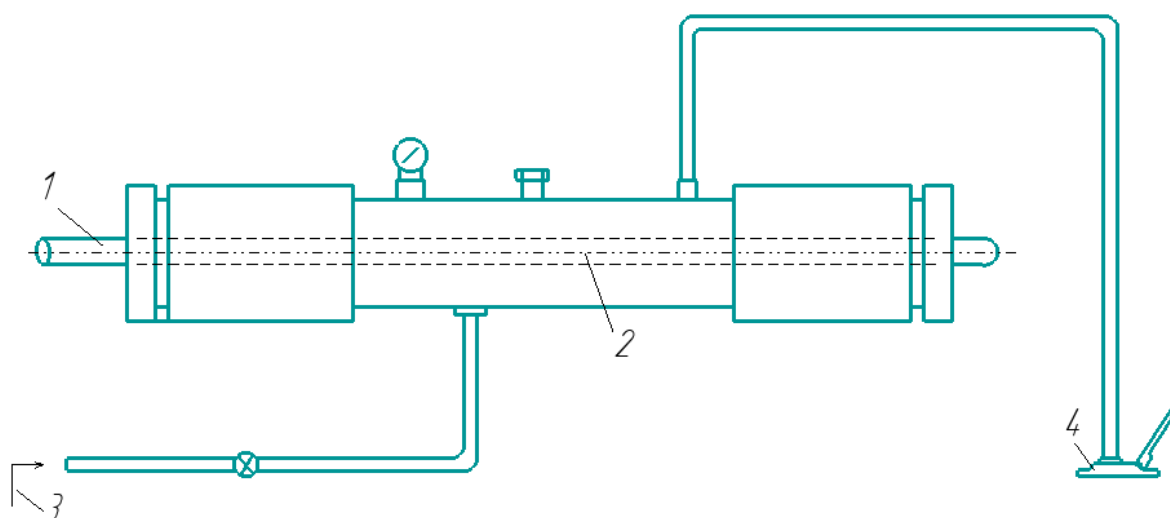


Рисунок 11. Принципиальная схема установки для испытаний на
внешнее статическое гидравлическое давление

5. Испытания на стойкость к растяжению

В последнее время к кабелям управления предъявляются требования по сохранению работоспособности при растяжении на определенную длину (2-650%). Применение кабелей в ряде отраслей техники (работотехника, манипуляторы, гибкие производственные системы и модули, станки с числовыми программными устройствами, компьютерная техника) привело к созданию спиральной конструкции кабелей управления, по внешнему виду сходных со шнурами для телефонных аппаратов и электробритв.

Испытания кабелей на стойкость к растяжению и сохранению спиральной формы проводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 12182.0-80 на установке (Рисунок 12), включающий в себя неподвижный зажим с направляющим стержнем, зажим с возвратно-поступательным движением, механизм, обеспечивающий возвратно-поступательное движение подвижного зажима на участке со скоростью не более 0,5 м/с (80 циклов в минуту).

Испытуемый образец с длиной спиральной части не менее 150 мм одним концом крепится в неподвижном зажиме, другим - в зажиме, движущемся возвратно-поступательно. Диаметр направляющего стержня должен быть таким, чтобы обеспечить растяжение спиральной части кабеля на необходимую длину.

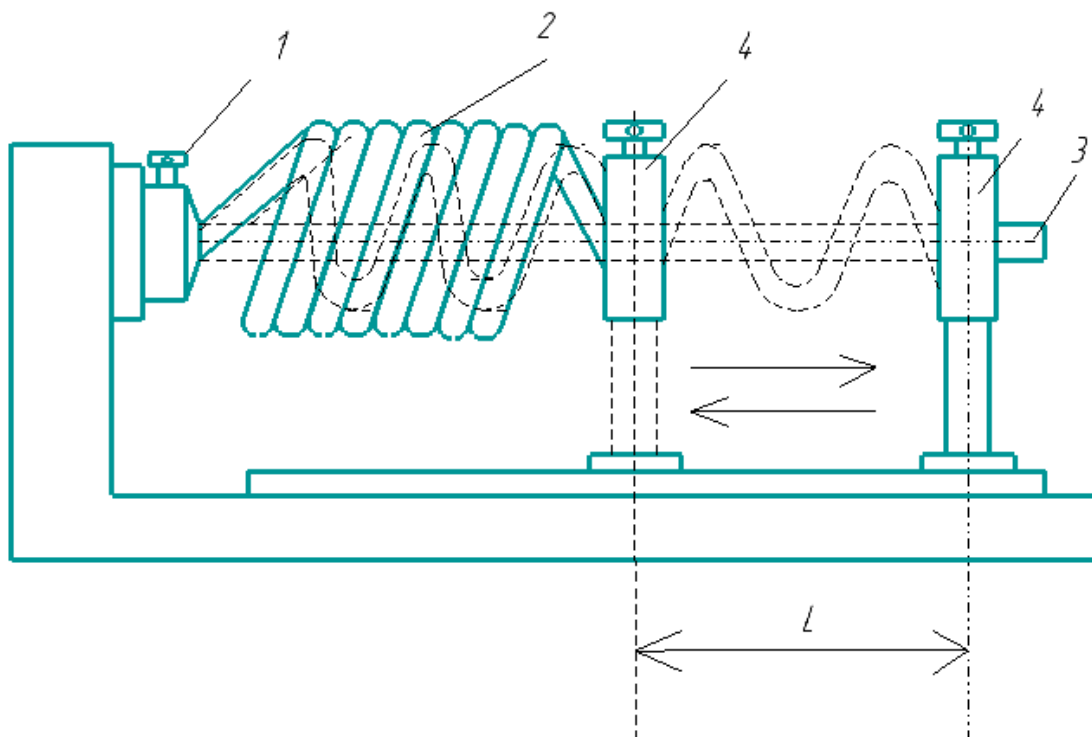


Рисунок 12. Принципиальная схема установки для испытаний на растяжение 1 –неподвижный зажим; 2-испытуемый образец спирального кабеля; 3-направляющий стрежень; 4 – зажим (подвижный) с возвратно-поступательным движением

Цикл испытания включает растягивание образца на определенный процент длины от первоначальной длины спиральной части и возвращение его в исходное состояние.

После заданного количества растяжений образцы не должны иметь трещин или других признаков, характеризующих целостности оболочки. Затем образцы испытывают напряжением.

6. Измерение момента сопротивления изгибу

К конструкциям особогибких кабелей управления наряду со стойкостью к изгибам предъявляют требования по нормированному моменту сопротивления изгибу.

Испытания проводят на установке (Рисунок 13), состоящей из горизонтального основания и жестко скрепленной с ним вертикальной панели с приборами и устройствами.

На горизонтальном основании размещены подвижная каретка с граммометром и приводом, обеспечивающим перемещение каретки со скоростью не более трех градусов в секунду по образующей сектора, расположенного в плоскости, параллельной вертикальной панели. При этом кольцо граммометра перемещается по дуге окружности радиусом 200 мм, центр которой находится в основании зажима[5].

В нижней части вертикальной панели закреплен сектор радиусом 200 мм с нанесенной градусной шкалой; в верхней части- кронштейн с зажимом, обеспечивающим жесткое или свободное (с помощью нити) закрепление испытуемого образца. Оси зажима и нулевое деление градусной шкалы расположены в одной вертикальной плоскости, перпендикулярной вертикальной панели.

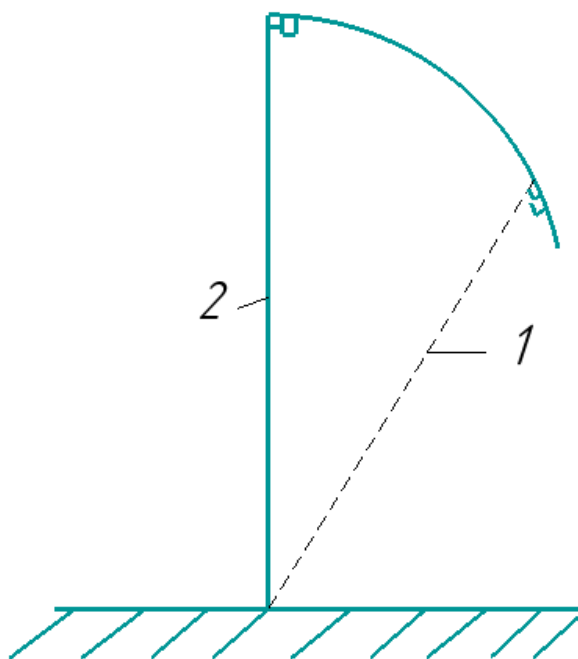


Рисунок 13. Схема измерения момента сопротивления изгибу 1- образец; 2-граммометр

Момент сопротивления изгибу:

$$M = 20 \cdot (F - P) \cdot 10^{-5}, \text{ Н} \cdot \text{ м},$$

Где 20-длина образца, см;

F-показание граммометра при жестком закреплении образца в зажиме, г;

Р- показание граммометра при закреплении образца в зажиме на нити, г.

Показания граммометра фиксируются самопишущим прибором по шкале, проградуированной в граммах.

Для определения значений F и R производят следующие измерения и расчеты. Образцы кабеля в вертикальном положении жестко закрепляют в зажим с таким расчетом, чтобы свободная часть образца составляла (210 ± 5) мм. Нижний конец образца вставляют в кольцо, связанное с чувствительным элементом граммометра, так чтобы конец образца был на 10-12 мм ниже кольца.

Включая привод, перемещают каретку с граммометром вправо до момента, когда конец образца, скрепленный кольцом граммометра, отклонится от исходного положения на заданный угол; привод отключают и снимают показания граммометра (F_1). Затем снимают показания граммометра (F_2) после перемещения каретки влево и отклонения образца на заданный угол. За величину F принимает среднее арифметическое значение результатов двух измерений.

После этого образец подвешивают на нити к зажиму. Длина нити от торца образца не должна превышать 5 мм, а общая длина образца с нитью должна быть (210 ± 5) мм. Нижний конец образца, находящийся в кольце граммометра, отклоняют на заданный угол в двух противоположных направлениях указанным выше способом, и снимают показания регистрирующего прибора граммометра (P_1, P_2). За величину R принимают среднее арифметическое значение результатов двух измерений.

Из рассчитанных по приведенной выше формуле значений момента сопротивления изгибу каждого образца выборки за результат принимают наибольшее значение.

Заключение

1. Спроектирован комбинированный герметизированный кабель управления марки КПКВГ - 7э(2э0,75)+26(20,50)э и разработана технология его изготовления, не имеющая аналогов в России, с учетом обеспечения оптимальных механических и электрических параметров кабеля.

2. Разработанная конструкция кабеля обеспечивает работоспособность после воздействия 50 циклов перегибов и кручений при нормальных условиях и 10 циклов при пониженной температуре при этом величина волнового сопротивления соответствует 80 Ом (расчетное значение 78 Ом), коэффициент затухания не превышает 0,008 дБ/м. Коэффициент фазы является термостабильным (расчетное значение 3,49 рад/м) и обеспечивает изменение скорости передачи сигнала не более $\pm 5\%$.

3. Конструкция экранов скрученных пар, обеспечивает требуемую помехозащищенность и экранное затухание.

Глава 6. Социальная ответственность

Основной задачей данной магистерской диссертации является «Анализ технологического процесса изготовления кабелей управления». В качестве объекта исследования выбрана марка кабеля КПВКГ – 7э×(2э×0,75)+26×(2×0,50)э. Процесс изготовления данной марки кабеля рассматривается на всем пути следования по технологическим операциям: изготовление токопроводящей жилы, экструзия, оплетка, обмотка.

Кабельное изделие производится на предприятии АО «ОКБ КП» в городе Мытищи Московской области для эксплуатации в экстремальных условиях, авиационной, космической, радиоэлектронной и других видах новой техники.

АО «ОКБ КП» находится в постоянном поиске перспективных материалов и технологий, обеспечивающих разработку и изготовление новых экономичных и высоконадежных проводов и кабелей.

6.1.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Работники допускаются к работе только после прохождения, вводного и первичного (на рабочем месте) инструктажей с росписью в журнале регистрации проводимых инструктажей по охране труда, а также проверки знаний по охране труда. Повторный инструктаж проводится не реже 1 раза в шесть месяцев, проверка знаний по охране труда не реже 1 раза в три года.

При изменении технологического процесса или модернизации оборудования, приспособлений, переводе на новую временную или постоянную работу, нарушении работающим требований безопасности, которое может привести к травме, аварии или пожару, а также при перерывах в работе более чем на 60 календарных дней, работник обязан пройти внеплановый инструктаж (с соответствующей записью в журнале регистрации инструктажей).

Работник обязан:

- лично выполнять определенную трудовым договором функцию с соблюдением внутреннего трудового распорядка, установленного Работодателем;
- добросовестно исполнять свои трудовые обязанности, приказы, распоряжения и указания своего непосредственного руководителя;
- бережно относиться к имуществу Работодателя, в том числе находящемуся в его пользовании, правильно и по назначению использовать переданные ему для работы оборудование, приборы;
- нести иные обязанности, предусмотренные действующим законодательством Российской Федерации и локальными нормативными актами Работодателя.

Работодатель обязан:

- предоставить работнику работу по обусловленной трудовой функции,
- обеспечить условия труда, предусмотренные трудовым законодательством и иными правовыми нормативными актами, соглашениями, содержащими нормы трудового права, коллективным договором;
- нести иные обязанности, предусмотренные действующим законодательством Российской Федерации и локальными нормативными актами Работодателя.

Работник имеет право:

- изменять и расторгать трудовой договор в порядке и на условиях, определенных трудовым законодательством Российской Федерации,
- своевременно и в полном объеме получать заработную плату в соответствии со своей квалификацией, сложностью труда, количеством и качеством выполненной работы,
- получать полную и достоверную информацию об условиях труда и требованиях охраны труда на рабочем месте,
- осуществлять иные права, предусмотренные трудовым законодательством Российской Федерации, Правилами внутреннего трудового распорядка и иными локальными нормативными актами Общества.

Работодатель имеет право:

- изменять и расторгать договор в порядке и на условиях, определенных трудовым законодательством Российской Федерации,
- требовать от Работника и контролировать исполнение им трудовых обязанностей и бережного отношения к имуществу нормативных актов, трудовой дисциплины, правил техники безопасности,

производственной санитарии и противопожарной защиты и иных локальных нормативных актов Общества;

- привлекать Работника к дисциплинарной и материальной ответственности за неисполнение или ненадлежащее исполнение Работником трудовых обязанностей в порядке, установленном трудовым законодательством Российской Федерации;

- осуществлять иные права, предусмотренные трудовым законодательством Российской Федерации, Правилами внутреннего трудового распорядка и иными локальными нормативными актами Общества.

Работнику устанавливается:

- месячный должностной оклад
- повременно – премиальная форма оплаты труда.

Работнику могут выплачиваться премии, доплаты, надбавки, вознаграждения в соответствии с нормативными актами Работодателя. Работник может быть поощрен вручением ценного подарка.

Заработная плата выплачивается Работнику два раза в месяц в порядке и сроки, установленные Правилами внутреннего трудового распорядка в соответствии с действующим законодательством: за первую половину месяца – 30 числа текущего месяца, окончательный расчет – 15 числа месяца следующего за отчетным. С суммы заработной платы и прочих начислений Работника Работодатель удерживает налог на доходы физических лиц. Выплата заработной платы производится в российских рублях в кассе АО «ОКБ КП». Заработная плата может быть выплачена в безналичной форме путем ее перечисления на расчетный счет, указанный Работником в личном заявлении. На период действия трудового договора на Работника распространяются все гарантии и компенсации, предусмотренные действующим трудовым законодательством Российской Федерации и локальными нормативными актами Работодателя.

Режим труда и отдыха Работника устанавливается Правилами внутреннего трудового распорядка.

Работнику устанавливается режим работы:

- пятидневная 40 – часовая рабочая неделя График№1 (Начало рабочего дня: 8.30, окончание – 17.15 (в пятницу 16:00), перерыв для отдыха и питания с 12.00 до 12.30, выходные дни: суббота, воскресенье).

- рабочий день сотрудника носит: нормированный характер,

- работнику согласно Графику отпусков предоставляется ежегодный оплачиваемый отпуск продолжительность: основной – 28 календарных дней.

После получения задания работник обязан:

- a) проверить рабочее место, подходы к нему и ограждения, удалить посторонние предметы и материал;

- b) проверить исправность оборудования, приспособлений, инструмента и средств защиты, а также достаточность освещенности рабочего места

6.1.2.Производственная безопасность

Таблица 14. Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разрабо тка	Изготов ление	Эксплуа тация	
1.Отклонение показателей микроклимата				Требования к микроклимата устанавливаются СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
2. Превышение уровня шума		+		Максимальное значение, которое не должен превышать шум 54 Дб согласно ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ.Превышение нормы: 10%.
3.Отсутствие или недостаток естественного света				Требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны				Требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	Опасность электропоражения(ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельнодопустимые уровни напряжений прикосновения и токов)

Анализ опасных и вредных производственных факторов

Микроклимат (температура, относительная влажность, скорость движения воздуха, интенсивность теплового излучения) и содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны должны быть в пределах санитарно-гигиенических норм, что обеспечивается:

а) при незначительных перегревах воздуха и умеренных выбросах паров, газов, аэрозоля - применением организованной естественной вентиляции;

б) при значительных уровнях теплового воздействия и выбросов загрязнителей - устройством принудительной вентиляции, обеспечивающей снижение температуры воздуха и концентрации загрязнителей до допустимых пределов притоком свежего воздуха в рабочую зону.

Источники интенсивных выбросов загрязнителей должны оборудоваться местной вытяжной вентиляцией непосредственно от них.

При невозможности достижения нормативных показателей микроклимата воздуха рабочей зоны должна обеспечиваться защита работников системами местного кондиционирования, воздушного душирования, средствами индивидуальной защиты, регламентом трудового процесса.

Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений представлены в таблице 15.

Таблица 15. Оптимальные и допустимые нормы микроклимата.

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
	Iб (140 - 174)	21 - 23	20 - 24	60 - 40	0,1
	IIa (175 - 232)	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	IIб (233 - 290)	17 - 19	16 - 20	60 - 40	0,2
	III (более 290)	16 - 18	15 - 19	60 - 40	0,3
Теплый	Ia (до 139)	23 - 25	22 - 26	60 - 40	0,1

Продолжение таблицы 15

Iб (140 - 174)	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
IIа (175 - 232)	20 - 22	19 - 23	60 - 40	0,2
IIб (233 - 290)	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
III (более 290)	18 - 20	17 - 21	60 - 40	0,3

В соответствии с Сан ПиН 2.2.4.548 – 96 значения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха устанавливаются, для рабочей зоны производственных помещений, в зависимости от категории тяжести выполняемой работы, величины явного избытка тепла выделяемого в помещении и периода года.

При производстве кабеля управления марки КПВКГ – $7 \times (2 \times 0,75) + 26 \times (2 \times 0,50)$ в цехе №2 температура не опускается ниже 21°C в любое период года, что соответствует категории Iбв холодный и теплый период. Для контроля температуры воздуха в цехе предусмотрены электронные часы, который отображают: температуру воздуха, время и дату.

Шум — один из наиболее распространенных неблагоприятных факторов производственной среды. Основные производственные процессы, сопровождающиеся шумом,— это работа экструзионной линии, перемоточного станка, крутильной машины. Говоря о действии шума на организм, следует иметь в виду, что он оказывает как местное, так и общее воздействие. При этом учащается пульс, дыхание, повышается артериальное давление, изменяются двигательная и секреторная функции желудка и других органов. Неблагоприятно отражается шум на нервной системе, вызывая головные боли, бессонницу, ослабление внимания, замедление психических реакций, что в конечном счете приводит к понижению работоспособности.

Для защиты от шума по СанПиН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 и вибрации по СанПиН 2.2.4/2.1.8.566 – 96 предусматриваются

- обеспечение персонала индивидуальными средствами защиты по ГОСТ 12.4.011 – 89;
- установка звукоизолирующих кабин;

- звукоизолирующие кожухи и экраны;
- виброизолирующие материалы под оборудование (пружины, резины и другие прокладочные материалы).

Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука и звукового давления на рабочих местах производственных помещений представлены в таблице 16.

Таблица 16. Допустимые уровни звукового давления.

Помещения, 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	
Помещения для инженерно-технического персонала цехов и служб	79	70	68	58	55	52	50	49	60
Помещения для размещения шумного оборудования	94	87	82	78	75	73	71	70	80
Мастерские механические и по ремонту оборудования с собственными источниками шума	99	92	86	83	80	78	76	74	85
Комнаты мастеров механической мастерской, мастеров по ремонту оборудования	83	74	68	63	60	57	55	54	65

Уровень шума в цехе №2, где происходит основная часть работы по изготовлению кабеля КПВКГ – $7э \times (2э \times 0,75) + 26 \times (2 \times 0,50)э$ находится в пределах норм, но в крайних допустимых значениях. Поэтому необходимо не пренебрегать мерами защиты от шума, которые указаны выше.

Согласно СНиП 23.05-95 «*Естественное и искусственное освещение*» необходимы следующие меры:

- Для осветительных установок помещений механизмов перемещения принимается напряжение 380/220 В с

глухозаземленной нейтралью. Питание осветительных сетей помещений конвейерного транспорта осуществляется от трансформаторов собственных нужд 6/0,38 кВ, питающих одновременно и силовые токоприемники в этих помещениях.

- Размещение осветительной арматуры в конвейерных галереях и эстакадах зависит от количества параллельных ниток конвейеров. При наличии одной конвейерной нитки светильники располагаются в два ряда по боковым стенкам. При наличии двух конвейерных ниток осветительная арматура устанавливается в три ряда над проходами.

- Аварийное освещение предусматривается только для проходов между установками, с использованием минимального количества светильников.

- Сеть штепсельных розеток выполняется по всей длине галереи (эстакады) с установкой розеток через 20 - 25 м. В галереях и эстакадах при конвейерном транспортировании торфа штепсельные розетки не устанавливаются, а ремонтное освещение осуществляется переносными аккумуляторными фонарями во взрывобезопасном исполнении.

- Высота установки светильников в эстакадах, как правило, должна быть 2,5 - 3 м.

Характеристика зрительной работы: общее наблюдение за ходом производственного процесса, периодическое при периодическом пребывании людей в помещении. Применяется освещение всей рабочей зоны общим освещением в 75 лк при показателе ослепленности $P=40$ и коэффициенте пульсации $K_p=20\%$ (для ламп накаливания).

Характеристика зрительной работы: ремонт установки, работа малой и очень малой точности (размер объектов различения от 1 до 5 мм и выше 5 мм). Это разряд зрительной работы V, VI. Применяется освещение при техническом осмотре трассы конвейера или отдельных ремонтируемых мест

общим освещением в 200 лк при показателе ослепленности $P=40$ и коэффициенте пульсации $K_p=20\%$ (для ламп накаливания).

В цехе №2 освещение полностью соответствует нормам СНиП 23.05-95.

Электропоражение персонала, работающего с электроустановками, является опасным для жизни человека и наступает при соприкосновении его с сетью не менее чем в двух точках. При разработке коллективных и индивидуальных средств защиты от электропоражения необходимо, согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ), рассмотреть следующие вопросы:

- а) обоснование категории помещения по степени опасности поражения электрическим током;
- б) требования к электрооборудованию;
- в) анализ соответствия реального положения на производстве перечисленным требованиям;
- г) мероприятия по устранению обнаруженных несоответствий;
- д) обоснование мероприятий и средств защиты, работающих от поражения электрическим током.

Рассматриваемый цех не имеет характеристик, свойственных особо опасным помещениям в части поражения электрическим током. Необходимо применение основных коллективных способов и средств электрозащиты: изоляция проводов и её непрерывный контроль; предупредительная сигнализация и блокировка; использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов; защитное заземление и защитное отключение.

Также, используются индивидуальные электрозащитные средства. В установках до 1000 В используются диэлектрические перчатки, указатели напряжения, диэлектрические коврики и боты, изолирующие подставки, а также инструмент с изолированными рукоятками.

6.1.3. Экологическая безопасность

При работе самых разных устройств имеет место загрязнение окружающей среды. Рассмотрим факторы загрязнения при использовании установок, применяемых при работе данного проекта:

- тепловое загрязнение;
- твердые отходы.

Тепловые отходы

В результате энергетического обслуживания тех или других процессов, отработавшие энергоносители превращаются в тепловые, которые могут быть использованными для энергоснабжения соответствующего предприятия или района в целом и называемые поэтому вторичными энергетическими ресурсами. Использование вторичных энергоресурсов снижает общий расход первичных энергоресурсов и уменьшает размеры энергопотребления, покрываемого централизованным путем от энергоснабжающей системы.

Основными вторичными энергетическими ресурсами, используемыми для энергетических целей, являются:

- 1) отходящие горючие газы металлургических печей и нефтеобрабатывающих агрегатов;
- 2) отработавший и вторичный производственный пар;
- 3) отходящие горячие газы промышленных печей и двигателей внутреннего сгорания;

При обращении с твердыми отходами: бытовой мусор (отходы бумаги, отработанные специальные ткани для протирки офисного оборудования и экранов мониторов, пищевые отходы); полиэтилен, ПВХ - пластикат; офисная техника, комплектующие и запчасти, утратившие в результате износа потребительские свойства – подлежит утилизации согласно с Постановлением Правительства Московской области №605/26 «Об утверждении норм накопления мусора и типового договора на вывоз мусора на территории Московской области» от 24 июля 2015 года: бытовой мусор после предварительной сортировки складировать в специальные контейнеры

для бытового мусора; утратившее потребительские свойства офисное оборудование, так же отходы сырья передают специальным службам (предприятиям) для сортировки, вторичного использования или складирования на городских мусорных полигонах.

Композиции ПВХ содержат различные ингредиенты, которые нужны для переработки и эксплуатации изделий. Вероятность того, что полимерный материал будет доведен до такого состояния, что его невозможно будет использовать исключена кроме разве что пожара. Поэтому необходимо решать задачу либо биоразложения полимеров, либо не менее важную задачу вторичной переработки материалов. Предприятие ОКБ КП работает в этом направлении, на сегодняшний день отходы передаются в специализированные компании для переработки или утилизации.

6.1.4.Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В аварийных (экстремальных) ситуациях необходимо:

при повреждении оборудования, кабелей, проводов, неисправности заземления, появления запаха гари, возникновении необычного шума и других неисправностях немедленно отключить электропитания оборудования и сообщить о случившемся непосредственному руководителю и лицу, осуществляющему техническое обслуживание оборудования;

При возгорании электропроводки, оборудования отключить электропитание и принять меры по тушению возгорания с помощью имеющихся первичных средств пожаротушения, сообщить о происшедшем непосредственному руководителю. Применение воды и пенных огнетушителей для тушения находящегося под напряжением электрооборудования недопустимо. Для этих целей используются углекислотные огнетушители.

По возникновении пожара, задымления немедленно сообщить в пожарную охрану по тел. «01» или «112» (для мобильной связи), оповестить

работников, поставить в известность руководителя, сообщить на пост охраны.

В случае внезапного ухудшения здоровья (усиления сердцебиения, появления головной боли и других) прекратить работу, выключить оборудование, сообщить об этом руководителю и при необходимости обратиться к врачу.

При несчастном случае на производстве необходимо:

Быстро принять меры по предотвращению воздействия на потерпевшего травмирующих факторов, оказанию потерпевшему первой помощи, вызову на место происшествия медицинских работников или доставке потерпевшего в организацию здравоохранения; Немедленно сообщить о происшествии непосредственному или вышестоящему руководителю.

6.2.1 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

Технико-экономическое обоснование научно-исследовательской работы

Научно-исследовательская работа посвящена исследованию технологического процесса изготовления кабеля управления марки: КПВКГ-7э×(2э×0,75)+26×(2×0,50)э. Данное кабельное изделие используется в военной промышленности для эксплуатации в экстремальных условиях, авиационной, космической, радиоэлектронной и других видах новой техники.

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности (потенциала) разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- Просчитать все затраты, связанные с проектировкой и изготовлением опытного образца;
- Сравнить с имеющимися аналогами и выявить преимущества;
- планирование научно-исследовательских работ;
- просчитать экономическую эффективность

С учетом решения данных задач была сформирована структура и содержание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

6.2.2.Расчет материальных затрат НТИ Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды (проведение испытаний, контроль, содержание, ремонт и эксплуатация оборудования, зданий, сооружений, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, инвентаря, приборов, лабораторного оборудования и других средств труда, не относимых к основным средствам, износ спецодежды и других малоценных и быстроизнашивающихся предметов;
- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований);

Таблица 17. Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Сумма,
Медная твердая проволока диаметром 1,50 или 1,78 мм	кг	1 173	594.02	696 800
Полиэтилен марки 271-70К	кг	1 128	111,86	126 200
Пленка ПВХ	м	610	103	62 830
Резиновая смесь марки ГС-1	кг	320,9	717	230 100
Концентраты для кабельных изделий «Баско»	кг	23	338,6	7 788
Концентраты красителей ПВХ	кг	61,01	190	11 590
Олово	кг	31,1	1541	47 930
Итого, руб				622 400

Цены представлены фактические, по которым осуществляется закупка сырья и материала на предприятии АО «ОКБ КП».

Основная заработная плата

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИОКР, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп},$$

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

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}},$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}},$$

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

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от $Z_{\text{тс}}$);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент не предусмотрен для Московской области поэтому примем равным 1, для руководителя в Томске 1,3.

Расчет заработной платы руководителя (пятидневная рабочая неделя):

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}} + k_{\text{р}}) = 30\,000 \cdot (1,3 + 0,3 + 0,2) \cdot 1 = 60\,000.;$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{60\,000 \cdot 11}{365 - 118 - 28} = 3014.;$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} = 3014 \cdot 247 = 744\,500.;$$

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 744\,500 = 111\,700$$

Расчет заработной платы инженера (пятидневная рабочая неделя):

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}} + k_{\text{р}}) = 35\,000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1 = 52\,500.;$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{52\,500 \cdot 11}{365 - 118 - 28} = 2\,637.;$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} = 2\,637 \cdot 247 = 651\,300.;$$

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 651\,300 = 97\,700.$$

Расчет заработной платы техника (пятидневная рабочая неделя):

$$З_{\text{м}} = З_{\text{ТС}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}} + k_{\text{р}}) = 19\,000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1 = 28500.;$$

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{28500 \cdot 11}{365 - 118 - 28} = 1432.;$$

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} = 1658 \cdot 247 = 409500 = 353700.;$$

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 409500 = 53060.$$

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 2.

Таблица 18. Расчет основной заработной платы

Исполнители	З _{тс} , руб.	k _{пр}	k _{доп}	k _д	k _р	З _м , руб	З _{доп} , руб	З _{дн} , руб.	T _р , раб.дн.	З _{осн} , руб.
Руководитель	40000	0,3	0,15	0,2	1,3	60000	111700	3014	247	744500
Инженер	35000	0,3	0,15	0,2	1	52500	97700	1658	247	651300
Мастер	19000	0,3	0,15	0,2	1	28500	53060	1432	247	353700
Итого										1507700

Основная заработная плата руководителя(от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор (см. «Положение об оплате труда», приведенное на интернет-странице Планово-финансового отдела ТПУ).

2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

3) иные выплаты; районный коэффициент.

6.2.3.Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) ,$$

:

$$З_{внеб} = 0,3 \cdot (744500 + 111700) = 256900;$$

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

На 2015 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 3 .

Таблица 19.Отчисления во внебюджетные фонд

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	744500	111700
Инженер	651300	97700
Мастер	353700	53060
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Итого		
Руководитель	256900	
Инженер	224700	
Мастер	122000	

6.2.4. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергия, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}}$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$З_{\text{накл}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{м}} + З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} + З_{\text{внеб}})$$

$$З_{\text{накл}} = 0,16 \cdot (60000 + 744500 + 111700 + 256900) = 187700$$

Таблица 20. Накладные расходы

Исполнитель	Накладные расходы, руб
Руководитель	187700
Инженер	146100
Мастер	87510
Итого	421300

6.2.5. Формирование затрат на проектирование

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 5.

Таблица 21. Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	В % к итогу
1. Материальные затраты проекта	622 400	18,2
2. Затраты по основной заработной плате	1507700	44,1
3. Затраты по дополнительной заработной плате	262500	7,68
4. Отчисления во внебюджетные фонды	603600	17,6
5. Накладные расходы	421300	12
Бюджет затрат на проектирование	3 417 000	100

Как видно из таблицы 5 бюджет всех затрат составил 3 417 000 *рублей*.

Наибольший процент бюджета составляет основная заработная плата (44,1%).

6.2.6. Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений помогает внести коррективы в проект, чтобы успешнее противостоять соперникам. При проведении данного анализа необходимо оценить сильные и слабые стороны конкурентов.

Объектом анализа является кабель управления КПВКГ-7э×(2э×0,75)+26×(2×0,50)э, который используется в военной промышленности и его зарубежные аналоги: SY – JZ и OZ-BL

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 22.

Таблица 22.Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _Ф	Б _{К1}	Б _{К2}	К _Ф	К _{К1}	К _{К2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические характеристики оценки ресурсоэффективности							
1.Повышение производительности труда пользователя	0,12	4	4	4	0,48	0,48	0,48
3. Помехоустойчивость	0,13	5	4	4	0,65	0,52	0,52
5. Надежность	0,15	5	5	5	0,65	0,65	0,65
7. Безопасность	0,15	5	4	4	0,65	0,52	0,52
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,12	4	5	5	0,48	0,6	0,6
2. Уровень проникновения на рынок	0,11	3	5	5	0,33	0,55	0,55
3. Цена	0,15	5	3	3	0,75	0,45	0,45
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,15	5	4	4	0,75	0,6	0,6
Итого	1				4,74	4,37	4,37

При оценке качества используется два типа критериев: технические и экономические.

Веса показателей в сумме составляют 1. Баллы по каждому показателю оцениваются по пятибалльной шкале.

Конкурентоспособность конкурента К

$$K = \sum B_i \cdot B_i,$$

Где B_i - вес показателя (в долях единицы);

B_i - балл i – го показателя.

Полученные результаты сведены в таблицу 6. В строке «Итого» указана сумма всех конкурентоспособностей по каждому из марок кабелей управления.

Анализ технических решений кабельных изделий показал, что кабель марки КПВКГ- 7э×(2э×0,75)+26×(2×0,50)э в отличие от кабелей SY – JZ и OZ-BL более стойкий к синусоидальным вибрациям, к механическому

воздействию одиночного действия и у него более долгий срок эксплуатации. Так же стоит отметить, что при закупке данного вида кабельного изделия можно значительно уменьшить себестоимость проекта.

Но значительным недостатком КПКВГ- 7э×(2э×0,75)+26×(2×0,50)э будет являться тот факт, что зарубежные аналоги завоевали свое место на рынке кабельной продукции благодаря качественной рекламе.

6.2.7. Определение экономической эффективности проекта

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее

численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Для того, чтобы рассчитать достоверное значение интегрального показателя экономической эффективности за максимальную стоимость проекта возьмем стоимость (равную сумме необходимой для производства кабеля со схожими материальными затратами), которая потребуется производителю для запуска массового производства и стоимость выполнения образца длиной 100 м, т.е текущего проекта, тогда

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.и}} = \frac{205020}{341700} = 0,6$$

Таблица 23. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 2	Аналог 3
Повышение производительности труда пользователя	0,05	3	3	5
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	4	4	5
Надежность	0,05	4	5	5
Безопасность	0,1	3	3	5
Простота эксплуатации	0,1	5	3	5
Конкурентоспособность продукта	0,1	5	5	5
Уровень проникновения на рынок	0,2	5	3	4
Финансирование научной разработки	0,1	5	4	3
Наличие сертификации разработки	0,2	5	3	5
ИТОГО	1			

Интегральный показатель ресурсоэффективности текущего проекта и двух зарубежных аналогов:

$$I_{\text{тп}} = 3 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,05 + 3 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,2 = 4,7;$$

$$A2 = 3 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,05 + 3 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,2 = 3,5;$$

$$A3=5\cdot0,05+5\cdot0,1+5\cdot0,05+5\cdot0,1+5\cdot0,1+5\cdot0,1+4\cdot0,2+3\cdot0,1+5\cdot0,2=4,6.$$

Выводы

1. Организация рабочего места на предприятии ОКБ КП учитывает требования безопасности, удобство положения, движений и действий работника. Рабочее место, с учетом характера выполняемой работы имеет достаточный размер для рационального размещения, используемого оборудования и документов. Рабочее место размещается таким образом, чтобы естественный свет падал сбоку (желательно слева). Для снижения яркости в поле зрения при естественном освещении применяются регулируемые жалюзи, плотные шторы. Все эти факторы оказывают большую роль на трудовую деятельность работника. Правильные условия труда обеспечивают не только безопасность работника, но и повышают его производительность и эффективность. В разделе представлены вредные факторы, влияющие на сотрудника в ходе его работы, основные меры их профилактики и ликвидации.

2. В результате выполнения данного раздела проведен анализ конкурентных технических решений и сделан вывод, что кабель марки КПКВКГ-7э×(2э×0,75)+26×(2×0,50)э предприятия ОКБ КП является лучшим вариантом исполнения кабеля управления среди прочих аналогов.

Бюджет проекта равен 3 417 000

Показатель ресурсоэффективности по пятибалльной шкале равен 4,7, что говорит об эффективной реализации кабельного изделия данной марки.

Показатель экономической эффективности равен 0,6, что говорит о возможности численного удешевления стоимости разработки.

Список используемых источников

1. Аникеев В.М.; Основы кабельной техники. Часть 2. – Томск :Изд.ТПУ, 2002. – 167 с.
2. Белоруссов Н.И, Городнев И.И. «Радиочастотные кабели. Учебное пособие для техникумов».Изд.3 - е– Москва.: Издательство Энергия.1973.-167с.
3. Кудрявцева З.А., Ермолаева Е.В. Проектирование производств по переработке пластмасс методом экструзии: Учеб.пособие к выполнению курсового и дипломного проектов/ Владим. гос. ун – т. Владимир, 2003.-96с.
4. Григорьян А.Г., Дикерман Д.Н., Пешков И.Б; Технология производственных кабелей и проводов с применением пластмасс и резин/ Под ред. И.Б.Пешкова: Учебн. Пособие для вузов. – М.:Машиностроение, 2011. – 368 с.
5. Кранихфельд Л.И.,Новикова Э.П, В.Г. Фролов. Кабели управления. Часть1. Аналитическая информация. Москва Информэлектро 1990.-112 с.
6. Бабицкий О.Ш., Лехтман Л.Я. Технология скрутки кабелей. М.:Энергия, 1978. -53 с.
7. Рыбаков И.Ф., Шепелев И.М. Автоматизация производства кабелей, проводов и кабельных резин.М.:Машиностроение, 1997.-65с.
8. Леонов В.М.,Пешков И.Б.,Рязанов И.Б., Холодный С.Д. Основы кабельной техники/ Под ред.И.Б.Пешкова.М.:Академия,2006.-72с.
9. Балашов А.И., Боев М.А. Кабели и провода. Основы кабельной техники.М.:Энергоатомиздат,2009.-32с.
10. Ефимов И.Е., Остилькович Г.А. Радиочастотные линии передач.М. «Связь», 1977.-76с.
11. Дикерман Д.Н, Кунегин В.С.Провода и кабели с фторопластовой изоляцией.-М.:Энергоиздат,1982.-123с.
12. Боев М.А. Автоматические средства контроля параметров кабелей и провод,установленные на технологическом оборудовании.М.:МЭИ,2002.-111.

13. Кранихфельд Л.И.,Новикова Э.П, В.Г. Фролов. Надежность кабелей и проводов для радиоэлектронной аппаратуры. М.:Энергоиздат,1998.-67 с.
14. Ларина Э.Т.,Рязанов И.Б.,Холодный С.Д.Расчет технологических режимов оборудования для производства кабелей и прводов.М.:МЭИ,1994.-79с.
15. Бабицкий О.Ш. Технология скрутки кабелей.-М.:Энергия,1978.-101с.
16. Бортников В.Г.Основы технологии переработки пластических масс.М.:1983.-35с.
17. Паншин Ю.А., Дунаевская Ц.С. Фторопласты.Л.:Химия,1978.-134с.
18. Довженко И.Г. Пластикаты с низкой пожарной опасностью ПП// Кабели и провода.2003.102с.
19. Дикерман Д.Н.,Гиллер Н.И., Розенбаум Э.Р. Особенности длительного воздействия на фторопласты гидростатического давления и температуры.М.:Информэлектро.197.-67с.
20. Финкель Э.Э.,Лещенко С.С.,Брагинский Р.П. Радиационная химия и кабельная техника.М.:Атомиздат,1968.-54с.

Приложение А

(справочное)

Various test methods for control cables

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГМ74	Чагдурова Э.Б.		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Леонов А.П.	к.т.н		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Соколова Э.Я			

Chapter 3. Various test methods for control cables

Test trial is a formal examination to assess cable products suitability or performance. The test also studies the function and analyses the impact on the tested object.

All tests, used in cable technology can be divided into three large groups:

1. Incoming quality control of materials and semi-finished products supplied to the cable plant and used for the production of cables and wires. Therefore, insulating and protecting, conducting materials, ingredients of rubber compounds, wire for covering of cables, elements of connecting and end bell are tested.

2. Acceptance check-out, periodic and type testing of cable products, in accordance with which the final product is checked for compliance with standards and specifications.

3. Tests carried out during the development or improvements of cable products and in the scientific research of new materials for the production of cables and wires.

Automation of tests allows using automatic methods for continuous monitoring of cable production parameters during the production process. Different testing methods are used for different types of cable products specific to the four main groups of cable products: electric power, telecommunications, transport and components of equipment and machines. For all these groups, reliability tests allowing both the producer and the consumer to assess the service life and durability of cables are important.

Acceptance check-out is a control check of products during acceptance control. Acceptance check-out is carried out in order to monitor the conformity of products, the requirements of technical documentation for this category of tests, and to the control sample to determine whether the products can be taken.

Acceptance check-out is carried out with the usage of continuous or selective control. Selective control is usually carried out by a static method. Wherein, the technical documentation for the products specifies the conditions for the changing

control from regular to reduced or increased, depending on the results of the control by a certain criterion.

Periodical tests are carried out for confirmation of production quality and stability of technological process within the established period. The purpose of periodic tests is to confirm an accuracy of the current design and technological documentation and the possibility to continue the production. The frequency of tests can be specified by time or by the number of manufactured products.

Periodical tests are carried out to assess the effectiveness and appropriateness of proposed changes to designs or manufacturing techniques.

The list of technical tests for cable products is extensive, but it can be reduced to several groups of main tests, which purpose is to evaluate both the quality of manufactured cables and wires, and their suitability.

1. Definition of structural dimensions and physical and mechanical characteristics. This is the definition of geometric dimensions; test samples stretching, bending and rewinding; special methods of physical and mechanical tests.

2. Measurement of electrical resistance of cables and wires insulation. This is primarily the measuring of electrical resistance using DC bridges, as well as detection of the location of damage in the cable by measuring the resistance of the cable core.

3. Measurement of electrical resistance of insulation of cables and wires. Measurements of electrical resistance and insulation capacity are carried out by the method of direct reference of the galvanometer readings and comparison of the obtained values with the sample resistance and sample capacitances.

If the insulation resistance exceeds 10^{11} Ohms, the sensitivity of the measuring circuits with a galvanometer is insufficient. In such cases, circuits with amplifiers, mainly transistor type, are used.

4. Measurement of total resistance, capacities and dielectric loss factor of materials and cables at different frequencies.

This group of methods includes measuring the capacity and dielectric loss factor at a frequency of 50 Hz using bridge circuits (with a protective voltage, protective circuit or grounding of one of the electrodes of the sample). If measurements are carried out at frequencies 1 Hz and conventional bridge circuits are used, then the capacity and inductance of the circuit elements affect on the measurement results. In this case, a special scheme of resistance-capacitive bridges with protective shielding of each element of the scheme and the scheme are used.

Resonant methods for measuring the capacity and $\tan \delta$ are used at frequencies up to 200 MHz and higher. Up to 200 MHz, electric circuits with concentrated parameters are used. Devices with microwave cavity are used at higher frequencies.

5. Tests with increased electric voltage. These tests are performed at alternating, direct and impulse voltages. High voltage tests can be short-term (duration up to 24h) and long-term.

6. Tests for partial discharges in electrical insulation. Partial discharges that develop in gas insertions or oil layers occur in separate insulation parts. Tests to determine the increasing $\tan \delta$ are carried out with the voltage that rises from half of nominal value to the desired one. Methods for estimating partial discharges are based on registering electrical pulses when the test voltage are increased.

7. Tests to determine the characteristics of communication cables and radio-frequency cables. These tests are carried out for measuring the operating capacity, capacitance asymmetry and capacitance connections in the cables. The primary parameters are as follows: active electrical resistance, inductance, capacitance and active conductivity of the insulation. Secondary parameters are wave resistance, wave propagation coefficient, damping, impedance, and phase coefficient. The parameters characterizing mutual and external influences in cables are also measured. Measurements of the parameters of cables at extremely high frequencies (150 MHz and above) are carried out using coaxial or wave guide measurement lines that connect the cable to the generator. The heterogeneity in the cable lines is also measured.

Typically, electrical and climatic tests of control cables are similar to the tests applied for other cables and wires. Mechanical tests are vital because they reflect the specific features of control cables.

3.1. Rewind resistance and axial cable toughness tests

The requirements for rewind resistance and axial cable toughness are used only for control cables designed for movable and limited movable operation.

Rewind resistance is estimated by the allowable number of windings from the drum to the drum for this cable design at a given speed and tension. Tests are carried out in accordance with the State Standard №12182.4-80.

The test installation (figure 5) consists of a receive-return device that provides rewinding of a cable sample with a length of at least 2 m at a speed not less than 10 m/min; replaceable cable drums with different diameters of the necks; a mechanism that ensures smooth start, stop and change of the rewinding direction; a tensioning device. The cycle of test means the double rewinding of the sample from drum to drum.

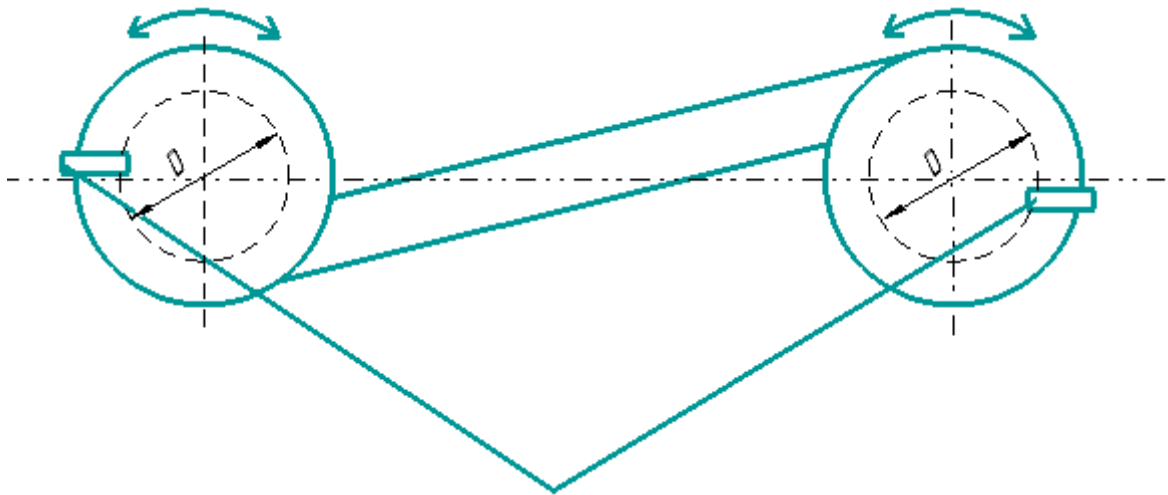


Figure 5. Schematic diagram of the testing for resistance to rewind. D is diameter of the necks of drums.

Axial cable toughness is determined by the permissible number of cycles of axial torsion of the cable segment with a length of at least 2 m around its axis with an angle of $\pm 360^\circ$. Tests are carried out in accordance with the State Standard №12182.7-80.

The test installation (figure 6) consists of the following components: a clamp rotating at a frequency of 40-60 minutes and rotation angle $\pm 360^\circ$; a clamp with free reciprocating movement; a tensioner load device.

One edge of the sample is fixed in a rotating clamp, the other – in the clamp with reciprocating movement, which under the action of the load moves in the direction of the axis of the sample, creating tension. One test cycle involves torsion of the sample until 360° and returning it to its initial condition.

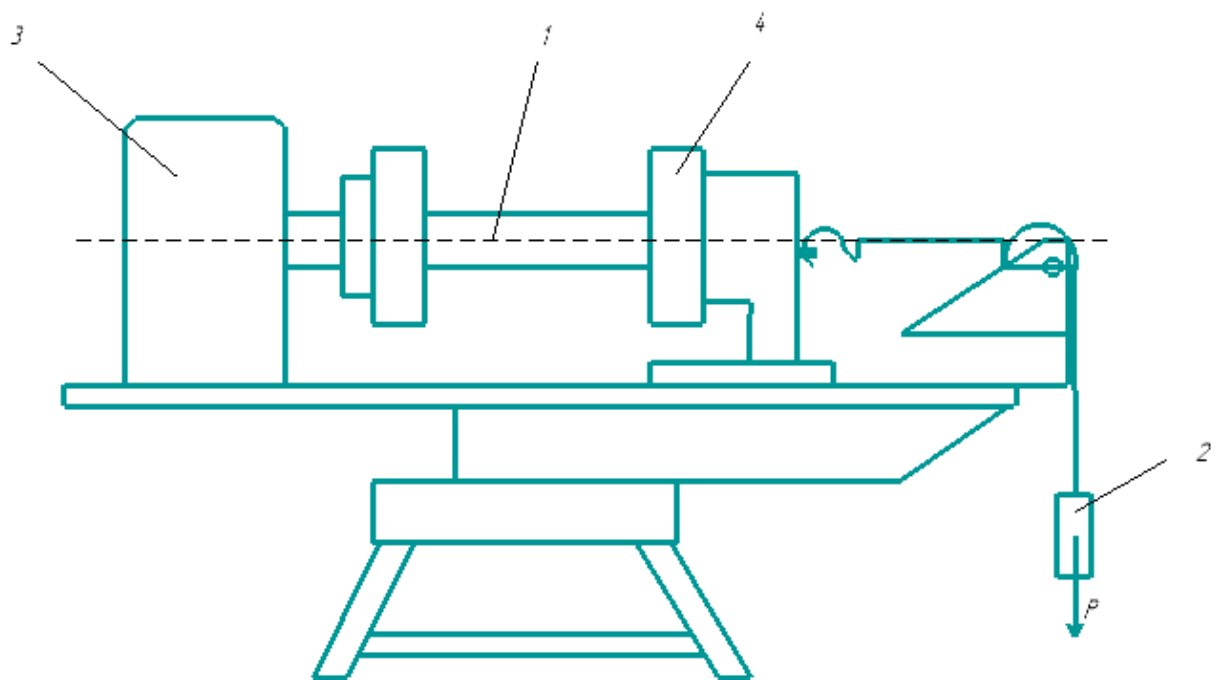


Figure 6. Schematic diagram of testing cables for resistance to axial torsion. 1- test sample; 2 - load device; 3 – rotating clamp; 4- clamp with reciprocating movement.

3.2. Bending tests with axial torsion

These tests are carried out in accordance with State Standard №12182.3-80.

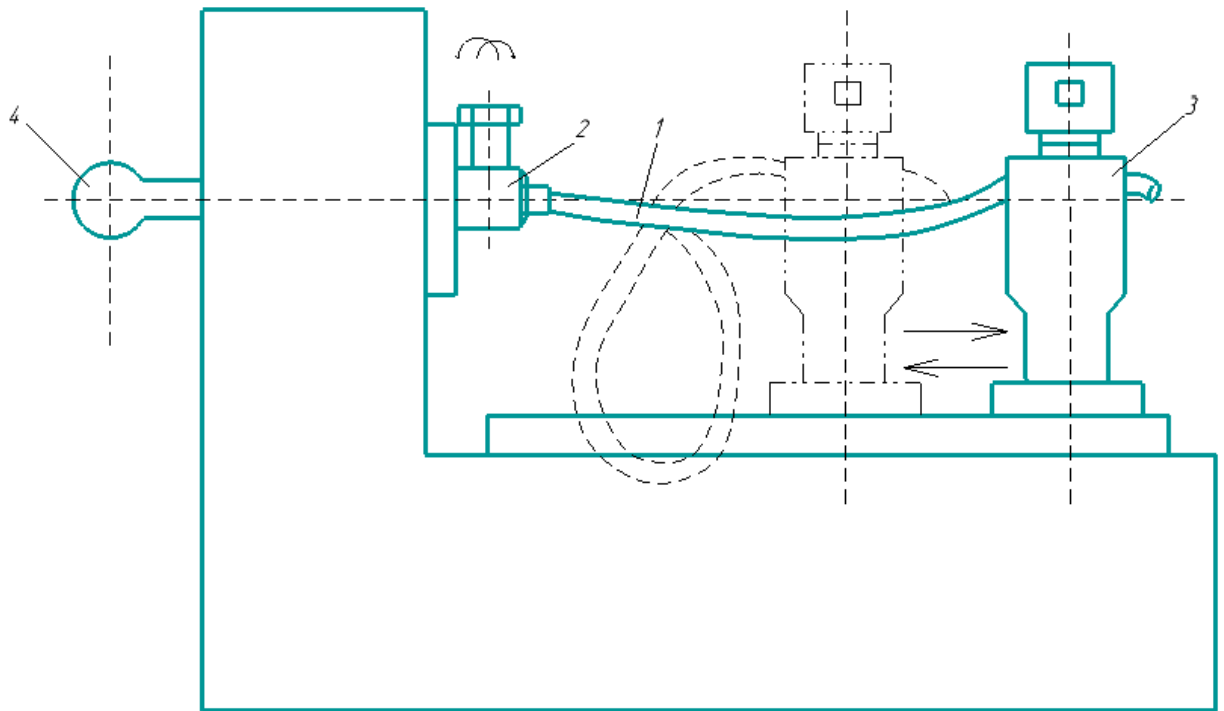


Figure 7. Schematic diagram of the installation for bending tests with axial torsion

The test installation (figure 7) consists of a rotary clamp (2), clamp with reciprocating movement (3), and mechanism (4) providing rotation of the clamp until 6 turnovers at a rotation frequency not more than 100 min.

The test cycle includes the torsion of the sample on rear corner, pulling the clamps closer to each other, stretching the sample until it becomes straight (until initial condition).

The second cycle includes the same operations with torsion of the sample but it is done in the opposite direction. During bending tests with axial torsion, the integrity of the conductive conductors, the absence of damages of the outer shell, the electrical strength of the insulation during the voltage test are monitored.

3.3 Geometric stability tests

In the last 10-20 years, the term "geometric stability" has been used for characterizing control cables and other flexible multicore cables. This term is associated with a method of mobile operation, when one end of the cable, rolled into the hank and located in the connector, is stationary, and the other end of the cable, also located in the connector, periodically rise and straightens the cable, and then falls again forming a hank. With such deformations, the cable is exposed to simultaneous bending and twisting loads. As a result, after 300-500 hard impact, the control cable with the standard design loses its geometric shape and twists into a "spiral" (figure 8).

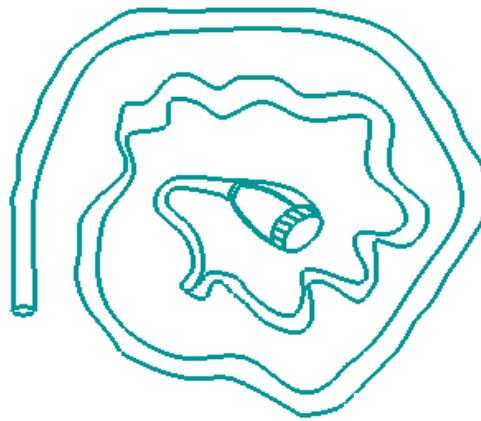


Figure 8. The form of the control cable, which has lost its geometric stability
(the formation of a "spiral»)

A test bench that most closely simulate actual operating conditions is used to check the cables for determination of the optimal geometric stability of the structure (figure 9).

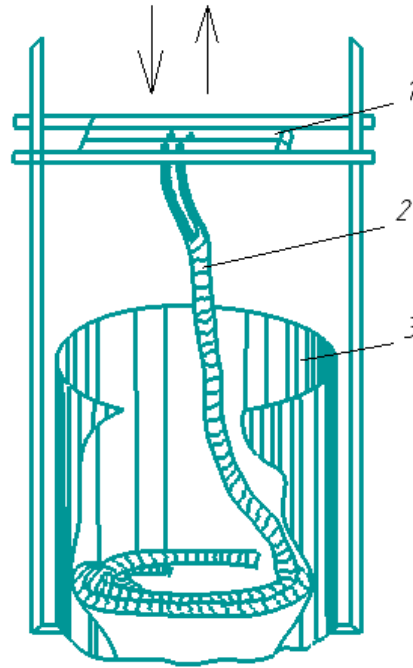


Figure 9. Schematic diagram for geometric stability

Samples of cables with a length of at least 4.0 m are completed into a cable trunk, which should contain no more than four samples of cables of the same size. It is allowed to test a single cable. The cable barrel is previously twisted at an angle not more than π rad/mm around the axis in the same direction with the twisting of external conductive cores and then the cable connected by rigid clamps. The distance between the fastening points is at least 0.7 m.

The prepared cable trunk is rolled into a hank which lying direction should coincide with the direction of twisting of the conductive cores of the external coil, and then put into guide cylinder. There should be a gap between the hank and the leading cylinder.

The lower end of the cable barrel is rigidly attached to the base of the cylinder, and the upper end of the cable is fixed in a moving device (1), which simulates the connector.

The mobile device moves smoothly with a frequency of no more than 6 cycles per minute from the lower position up and back down.

The magnitude of the tensile force in the extreme upper position should ensure the straightness of the cable barrel. During the movement of the mobile device down the cable barrel must spontaneously take the form of the hank in the leading cylinder.

During testing for geometric stability, the absence of external damage, swelling, signs of a "spiral" and the preservation of the electrical strength of the insulation during stress testing are monitored.

3.4 Tests for resistance to internal and external pressure

The tightness of the cable sheath when exposed to internal gas overpressure or external static hydraulic pressure is necessary for cables intended for operation in water. Since there are always air channels inside the cable (under the shell), the internal overpressure prevents spreading of water along the cable when the shell is mechanically damaged.

The resistance of cables to internal and external pressure is estimated by the allowable pressure and time of its application. The criterion of resistance to internal pressure is the tightness of the cable sheath and the allowable increase of the cable diameter. For the external pressure it is the tightness of the cable sheath and the required level of electrical characteristics. Tests are carried out according to the procedure regulated by the State Standard №18404.0-78.

The schematic diagram of the installation for testing to internal pressure is shown in Figure 10.

A sample of the cable cut with both sides in the plane which is perpendicular to the axis of the cable. From each edge, the sample 4 is compacted with a nut 6, metal rings 8, and rubber ring 7 into the body of the gland 3. One gland with a compacted edge of the cable is connected to the distribution comb 1 through the automatic valve 2. The other gland at the second end of the cable equipped with pressure gauge 5 is put freely. Dry air or nitrogen through the distribution comb and the automatic valve is fed under the inner cable jacket until the pressure gauge 5 attached to the opposite edge of the cable shows the set value of steady pressure. The tightness of the shell is

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

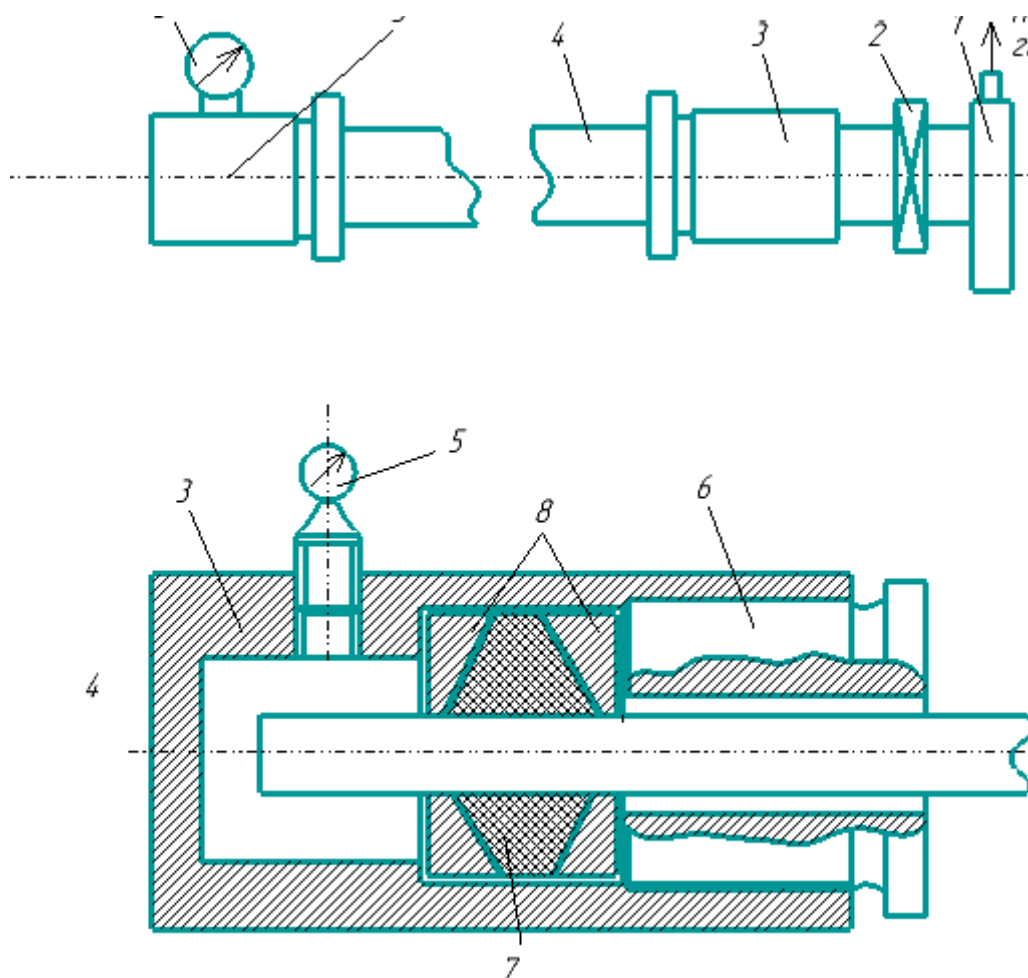


Figure 10 - The schematic diagram of the installation for testing the internal pressure

During testing the external static hydraulic pressure (figure 11) a cable sample 1 of at least 1 m long is placed in a pipe 2 and connected to a hydraulic pump 4. The protruded from the tubes edges of the sample are compacted by rubber gland. The pipe is filled with the acting fluid 3 and the required pressure is created.

The tightness of the cable sheath is checked for leaks of liquid under the sheath of protruding cable edges. During the action of hydraulic pressure and after its removal, the change in electrical resistance of insulation is controlled.

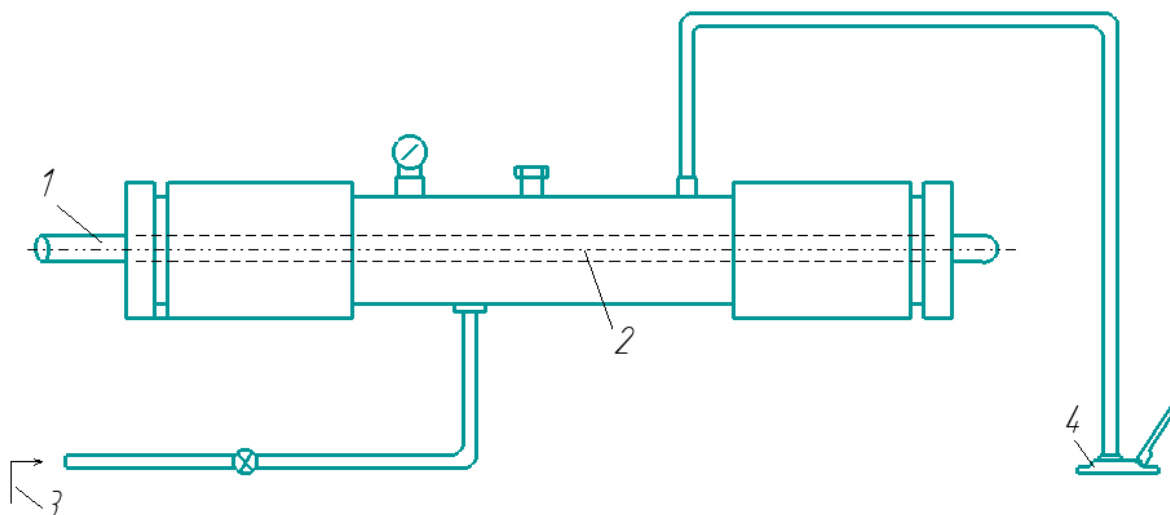


Figure 10 - Scheme of the device for testing external static hydraulic pressure.

3.5 Tests for resistance to tensile strength

Recently, control cables must maintain their working capacity when stretched up to a certain length (2-650%). The use of cables in a range of technological branches (robotics, manipulators, flexible production systems and modules, machines with numerical software devices, computer technology) led to the creation of a spiral design of control cables, look like the cords for telephones and with the electric shavers.

Cable tests for resistance to tension and preservation of the spiral form are carried out according to requirements of the State Standard №12182.0-80. The device for the test (figure 12) include the motionless clamp with the directing core, the clamp with reciprocating movement, the mechanism providing reciprocating movement of the mobile clamp on a site with speed no more than 0,5 m/s (80 cycles per minute).

The test sample which the spiral part length is at least 150 mm should be fixed at one end in a motionless clamp, the other in a clamp with reciprocating moving. The diameter of the directing core must ensure that the spiral part of the cable is stretched to the required length.

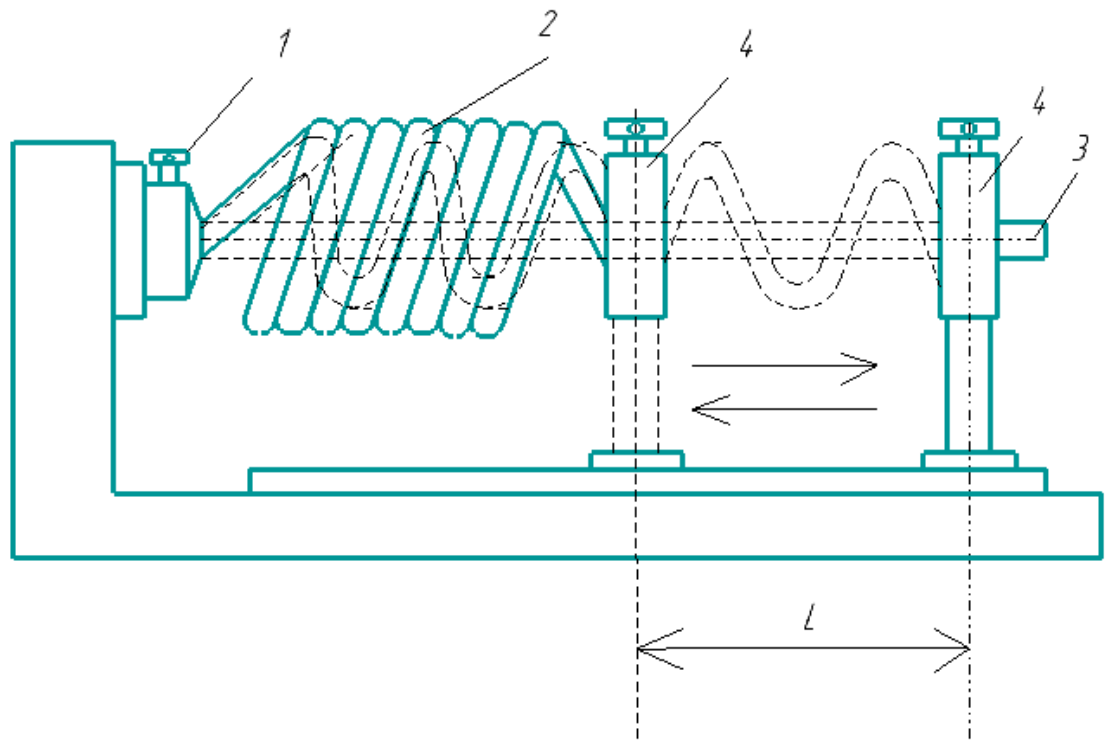


Figure 12. Schematic diagram of the installation for tensile testing 1 –motionless clamp; 2- sample of the spiral cable; 3-directing core; 4 – clamp with reciprocating motion.

The test cycle involves stretching of spiral part of the sample until a certain percentage of the original length and returning it to its original state.

After a given number of stretches the samples should not have cracks or other signs of damage of the shell. After that, the samples are tested by high voltage.

3.6. Measurement of the moment of resistance to bending

To flexible control cables must be bend resistant. In addition, there are requirements for the regulated moment of bending resistance.

Tests are carried out on the installation (figure 13) consisting of a horizontal base and a rigidly fixed vertical panel with instruments and devices.

A movable carriage with a gram meter and drive unit is placed on a horizontal base. The drive unit ensures the movement of the carriage at a speed not more than three degrees per second along the forming sector located in a plane parallel to the vertical panel. In this case, the ring of the gram meter moves along the arc of a circle with a radius of 200 mm, the center of which is located at the base of the clamp.

At the bottom of the vertical panel the sector with radius of 200 mm with a degree scale is fixed. At the top is a support-bracket with a clamp that provides a rigid or free (with thread) fastening of the test sample. The clamping axes and zero point of the scale are in the same vertical plane and they are perpendicular to the vertical panel.

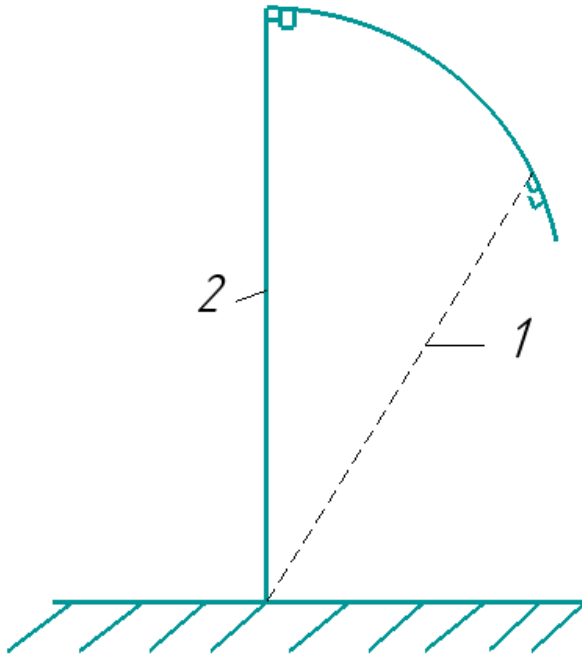


Figure 13. Bending moment for 1-sample; 2-gram gage

Bending moment:

$$M = 20 \cdot (F - P) \cdot 10^{-5}, \text{ Nm,}$$

Where

20- sample length, cm;

F - readings of gram gage at fixed sample clamp, g;

P - readings of a gram gage when the sample is in the clamp on the thread, g;

Readings of gram gage are recorded by a metering instrument on a scale, graduated in grams.

To determine F and P the following measurements and calculations are made. The samples of the cable in the vertical position are rigidly fixed by the clamp so that the size of sample free part is (210 ± 5) mm. The lower end of the sample is

inserted into the ring connected with the sensitive element of the gram gage, so that the end of the sample is 10-12 mm below the ring.

You need to enable the drive to move the carriage with gram gage right to wait until the end of the sample will deviate from the initial position to the desired angle. We need to shut down the drive and take a reading. Then take the readings at a deviation to the left. For the value F take the arithmetic mean of the two experiments.

After that, the sample is suspended on a thread to the clamp. The length of the thread from the end of the sample should not exceed 5 mm, and the total length of the sample with the thread should be (210 ± 5) mm. The lower end of the sample, located in the ring of the gram gage, is deflected by a predetermined angle in two opposite directions by the above method, and the readings of the recording device (P_1, P_2) are taken. P is the average value of two measurements.

Bending moment values are calculated using the formula given above. The largest value of bending moment samples is used as result.

Cable products are used in the military industry, where compliance with safety rules is a very important factor. Therefore, all these tests are very important. In the manufacture of cable products they are given special attention.