

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ РФ
Томский политехнический университет



УТВЕРЖДАЮ:
Зав. каф. ИИТ ЭФФ

_____ Гольдштейн А.Е.

“ ____ ” _____ 2007 г.

Методы и средства контроля в кабельной промышленности

Сборник методических указаний
по выполнению лабораторных работ
по программе магистерской подготовки
«Приборы и методы контроля качества и диагностики»

ТОМСК 2007

УДК 621.3.08; 621.3.001.4; 621.3:658.562; 621.3:658.62.018.012.

Методы и средства контроля в кабельной промышленности.

Сборник методических указаний по выполнению лабораторных работ по программе магистерской подготовки «Приборы и методы контроля качества и диагностики»

Составитель: доцент, к.т.н. В.В. Редько, ассистент Е.М. Федоров.

Рецензент: доцент, к.т.н., директор ООО «НИИ Эрмис»
А.Р. Свендровский

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры информационно-измерительной техники от _____.

Зав. каф. ИИТ
Гольдштейн А.Е.

1 ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ ДЛЯ КАБЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.6

2. ИЗМЕРИТЕЛИ ДИАМЕТРА КАБЕЛЯ НА ПРОХОД.10

Цель работы	10
Программа работы.....	10
2.1 Классификация измерителей диаметра кабеля.	10
2.1.1 Контактные методы.	12
2.1.2 Бесконтактные методы.	13
2.1.3 Оптические методы.	14
2.1.3.1 Метод измерения мощности потока излучения.	15
2.1.3.2 Схема со сканирующим узлом.	16
2.1.3.3 Теневой метод в квазипараллельном пучке.....	17
2.1.3.4 Метод построения изображения.	18
2.1.3.5 Теневой метод в расходящемся пучке.	21
2.2 Описание комплекта измерителя диаметра «Цикада-2.7».....	23
2.2.1 Характеристики по назначению	24
2.2.2 Метрологические характеристики	24
2.2.3 Эксплуатационные характеристики.....	24
2.2.4 Измерительная головка «Цикада-2.72»	25
2.2.4.1 Принцип действия	25
2.2.4.2 Конструкция измерительной головки «Цикада-2.72»	26
2.2.5 Блок индикации «БИ-2.62»	30
2.2.5.1 Конструкция блока	31
2.2.5.2 Режим «Настройка» блока индикации	35
2.3 Порядок установки и подготовки прибора к измерению.....	37
2.3.1 Выбор места установки блоков измерителя.....	37
2.3.1.1 Регулировка положения измерительной головки	40
2.3.2 ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ.....	41
2.3.3 Порядок измерения диаметра кабеля.....	42
2.3.3.1 Начало работы и режим «Измерение»	42
2.3.3.2 Допусковый контроль диаметра	42
2.3.3.3 Окончание работы	44
2.4 МЕТОДИКА КАЛИБРОВКИ ИЗМЕРИТЕЛЯ «ЦИКАДА-2.7».....	45
2.4.1 Область применения	45
2.4.2 Операции и средства калибровки.....	45
2.4.3 Условия калибровки и подготовка к калибровке.	46
2.4.4 Определение метрологических характеристик.....	46
2.4.5 Оценка и оформление результатов калибровки	47
2.5 Корректировка погрешностей измерения диаметра.....	48
2.5.1 Порядок корректировки погрешностей	50
2.6 Контрольные вопросы.....	52

2.7 Методические указания к выполнению работы.....	53
2.8 Требования к содержанию отчета.	54

3. ИЗМЕРИТЕЛИ ДЛИНЫ И СКОРОСТИ ПРОТЯЖЁННЫХ ИЗДЕЛИЙ.....55

Цель работы	55
Программа работы.....	55
3.1 Классификация измерителей длины и скорости.....	55
3.1.1 Электромеханический метод измерения длины и скорости. ...	56
3.1.2 Бесконтактные методы измерения длины и скорости.	57
3.1.2.1 Метод с использованием магнитных меток.	58
3.1.2.2 Измерения длины протяженных, движущихся объектов с использованием ЛДИС.	60
3.2 ИЗМЕРИТЕЛЬ ДЛИНЫ И СКОРОСТИ «ДЕЛЬТА 2.4» НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ.	62
3.3 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	63
3.3.1 Характеристики по назначению	63
3.3.2 Метрологические характеристики	65
3.3.3 Эксплуатационные характеристики.....	65
3.4 ОПИСАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКТА «ДЕЛЬТА 2.4».....	66
3.4.1 Принцип действия.....	66
3.4.2 Метражное устройство «Румб-2.33».....	67
3.4.3 Электронный счетчик «Дельта-2.43».....	70
3.5 ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ	74
3.6 ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЯ ДЛИНЫ И СКОРОСТИ.....	76
3.6.1 Измерение общей длины.....	76
3.6.2 Намотка кабеля заданной длины.....	77
3.6.3 Измерение скорости кабеля	77
3.7 Корректирующая поправка.	77
3.7.1 Принцип уменьшения погрешности измерителя.	78
3.7.2 Определение корректирующей поправки	78
3.7.3 Ввод корректирующей поправки	80
3.8 Контрольные вопросы.....	80
3.9 Методические указания к выполнению работы.....	81
3.10 Требования к содержанию отчета.	82

4 ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ИСПЫТАТЕЛИ ИЗОЛЯЦИИ И ОБОЛОЧЕК КАБЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ПРОХОД.....83

Цель работы	83
Программа работы.....	83

4.1 Общие сведения о высоковольтных испытаниях изоляции и оболочек кабельных изделий непосредственно на производственной линии.....	83
4.2 Описание высоковольтного аппарата «Корона-ЗАСИ-М», используемого в работе	101
4.2.1 Метрологические характеристики	101
4.3 Устройство и принцип действия.....	102
4.3.1 Принцип действия испытателя.....	102
4.3.2 Конструкция блока управления.....	104
4.3.3 Конструкция высоковольтного блока.....	108
4.4 ПОРЯДОК РАБОТЫ С ВЫСОКОВОЛЬТНЫМ ИСПЫТАТЕЛЕМ	110
4.4.1 Заправка кабеля в электродный узел	111
4.4.2 Включение испытателя	111
4.4.3 Выключение испытателя.....	112
4.5 Контрольные вопросы.....	114
4.6 Методические указания к выполнению работы.....	114
4.7 Требования к содержанию отчета	115
5. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	116

1 ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ ДЛЯ КАБЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.

Производство проводов и кабелей можно разделить на операции, соответствующие изготовлению основных конструктивных элементов: волочение (скрутка) токопроводящей жилы, наложение изоляции, наложение защитных оболочек и покровов.

В общем виде схема изготовления кабельных изделий изображена на рисунке 1.1. Схема показывает, что производство кабельных изделий включает в себя многие технологические процессы сильно

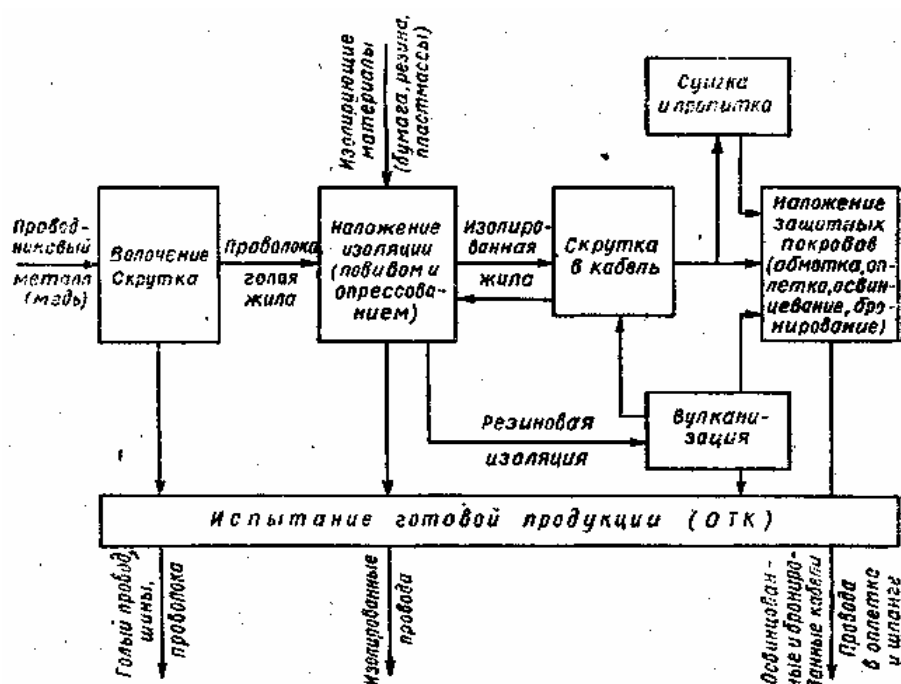
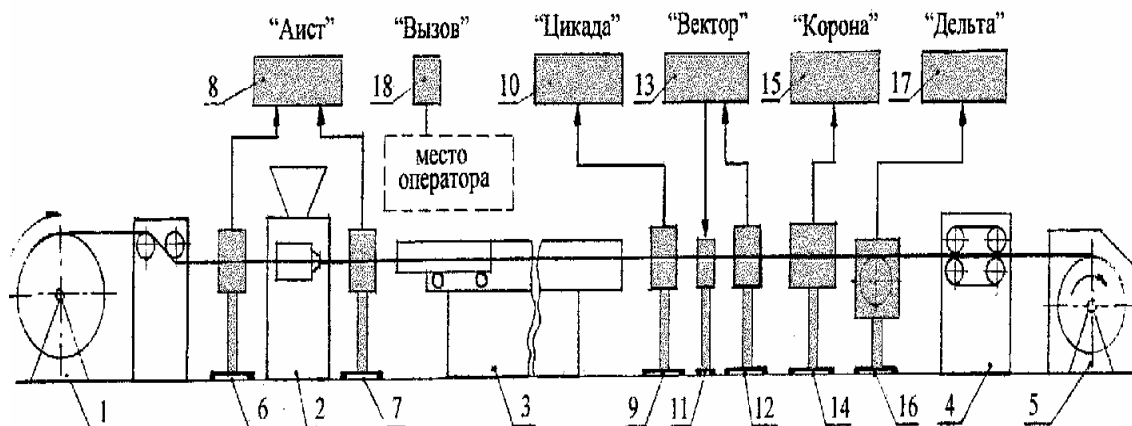


Рис.1.1 Схема технологического процесса изготовления

отличающиеся друг от друга характером выполняемых операций, скоростями и температурными режимами, применяемым оборудованием, видом исходных материалов, типом готовой продукции и т. д.

Сложность и многообразие технологических процессов, внедрение в производство высокопроизводительного оборудования, создание поточно-механизированных, частично автоматизированных линий для изготовления одностипных проводов и изолированных жил, решение вопросов, связанных с дальнейшей автоматизацией кабельного производства привели к резкому повышению объема продукции, выпускаемой кабельными заводами. Вместе с этим развивались и совершенствовались методы и приборы для контроля качества и выходных характеристик кабельных изделий, в том числе и для контроля их конструктивных размеров в процессе изготовления [5.8, 5.9, 5.35, 5.36].

В качестве примера будет рассмотрена технологическая линия, укомплектованная приборами контроля фирмы Эрмис [5.31].



1.2 Типовая технологическая линия наложения пластмассовой изоляции

1 - отдающее устройство; 2 - экструдер; 3 - охлаждающая ванна; 4 - тяговое устройство; 5 - принимающий барабан; 6,7,8 -измерительные головки и блок индикации измерителя толщины изоляции «Аист» ; 9,10 –измерительная головка и блок индикации измерителя диаметра «Цикада»; 11,12,13 –индуктор, измерительная головка и блок индикации измерителя эксцентриситета «Вектор»; 14,15 –высоковольтный блок и блок индикации измерителя электрической прочности изоляции «Корона»; 16,17- метражное устройство и блок индикации измерителя длины и скорости «Дельта».

Процесс изготовления кабельных изделий содержит большое число технологических операций рис 1.1, среди которых особое значение имеет процесс наложения изоляции на токоведущую жилу кабеля. Качество изоляции во многом определяет основные эксплуатационные характеристики кабельного изделия. В связи с этим непрерывный контроль рассмотрим на примере процесса наложения пластмассовой изоляции кабельного изделия.

Типовая технологическая линия наложения пластмассовой изоляции с установленными на ней приборами контроля показана на рисунке 1.2.

Неизолированная токоведущая жила кабеля разматывается с отдающего барабана 1, проходит через выравнивающее устройство и устройство подогрева, где нагревается до температуры, близкой к температуре плавления изоляции, а затем вводится в головку экструдера 2. Здесь на токоведущую жилу наносится расплавленная пластмассовая изоляция, которая затем охлаждается в водяной ванне 3. Непрерывное движение кабельного изделия в технологической линии обеспечивает тяговое устройство 4. Готовое изделие наматывается на приемный барабан 5.

В процессе изготовления контролируются следующие конструктивно-технологические параметры кабельного изделия:

Диаметр готового кабельного изделия измеряет прибор «Цикада», располагающийся на технологической линии сразу за охлаждающей ванной.

Место установки прибора, выбрано исходя из того, что усадка пластмассовой изоляции на других участках линии (до охлаждающей ванны) не позволяет определить фактический диаметр кабельного изделия.

Непосредственное измерение диаметра осуществляет бесконтактная измерительная головка, информация от которой поступает на выносной пульт 10 и представляется в цифровом виде на индикаторе пульта. Для удобства управления технологическим процессом пульт вынесен на рабочее место оператора.

Толщина нанесенной изоляции. Для круглого кабельного изделия средняя толщина изоляции определяется как половина разности между диаметром неизолированной жилы и диаметром изолированного изделия.

Измерение осуществляет прибор «Аист», имеющий две измерительных головки 6 и 7 и пульт индикации 8. Головка 6, расположенная перед экструдером, определяет диаметр неизолированной жилы, а головка 7, установленная сразу за экструдером, определяет диаметр по изоляции. Толщина изоляции рассчитывается по указанному выше соотношению пультом 8 и выводится в цифровом виде на индикатор пульта.

Поскольку измерение диаметра проводится на не застывшей изоляции, контактные методы измерения оказались неприемлемы, и был использован бесконтактный оптико-электронный метод измерения. Разработанные измерительные головки «Цикада», в которых применен названный принцип, имеют несколько модификаций в зависимости от диапазона измеряемых диаметров и охватывают весь диапазон диаметров выпускаемых кабельных изделий.

Эксцентриситет токопроводящей жилы по отношению к изоляции приводит к снижению толщины изоляции на отдельных участках кабельного изделия даже при сохранении заданного диаметра изоляции, что нарушает ее электрическую прочность и является недопустимым.

Величину эксцентриситета контролирует прибор «Вектор». В его состав входит индуктор 11, возбуждающий в токоведущей жиле

высокочастотный переменный ток, измерительная головка 12 измеряющая смещение центра жилы относительно центра изоляции и пульт индикации 13, показывающий величину и направление эксцентриситета.

Электрическая прочность изоляции проверяется высоковольтным испытателем «Корона». В процессе контроля к изоляции движущегося кабельного изделия прикладывается с помощью электродного узла переменное испытательное напряжение. Центральная (токоведущая) жила кабельного изделия всегда заземлена исходя из конструкции технологической линии.

Если прочность изоляции оказывается ниже допустимого значения, возникает ее пробой на заземленную токоведущую жилу. Испытательное напряжение амплитудой до 30 кВ вырабатывает высоковольтный блок 14 прибора «Корона» со встроенным электродным узлом. Пульт 15 прибора показывает величину испытательного напряжения, а в случае пробоя изоляции регистрирует факт пробоя, подсчитывает их число и сигнализирует оператору линии о нарушении технологического процесса.

Длина изготовленного кабельного изделия должна измеряться с погрешностью не более $\pm 0,5\%$ поскольку влияет на денежные расчеты с покупателями кабельной продукции. Длина определяется измерителем «Дельта», содержащим роликотное метрахное устройство 16 и цифровой счетчик длины 17. Принцип работы прибора заключается в измерении длины кабельного изделия по числу оборотов ролика, имеющего известную длину рабочей поверхности (0,25м или 0,5м). Одновременно прибор «Дельта» позволяет контролировать линейную скорость кабельного изделия, задаваемую тяговым устройством 4.

Контроль предельно-допустимых значений измеряемых параметров технологического процесса осуществляется каждым из описанных приборов индивидуально. Для этого каждый прибор имеет возможность установки оператором предельных значений измеряемого параметра. В случае выхода параметра за допуск включается сигнализация на самом измерительном приборе и, кроме того, срабатывает общее сигнальное устройство 18 «Вызов», сообщающее оператору о нарушении технологического процесса.

В более современных модификациях приборов выпускаемых фирмой Эрмис реализована система автоматизации и управления процессом производства посредством универсальных протоколов. Это позволяет управлять технологическими параметрами в режиме реального времени без вмешательства оператора. Однако такие

приборы сопрягаются только с новыми, управляемыми компьютерами, производственными линиями, на которых возможно внедрение АСУ.

Рассмотренные приборы технологического контроля в настоящее время внедрены практически на всех крупных предприятиях кабельной промышленности России, а также эксплуатируется более чем на 100 малых предприятиях, связанных с выпуском кабельной продукции. Четырнадцатилетний опыт эксплуатации приборов показал их высокую эффективность за счет снижения брака выпускаемой продукции и экономии материалов.

Технические параметры приборов, используемых для контроля, охватывают основную номенклатуру кабельных изделий, выпускаемых в России. Дальнейшее совершенствование приборов проводится по пути улучшения их метрологических и эксплуатационных характеристик, а также путем объединения приборов в единую систему автоматизированного контроля технологического процесса изготовления кабельных изделий.

2. ИЗМЕРИТЕЛИ ДИАМЕТРА КАБЕЛЯ НА ПРОХОД.

Цель работы

Ознакомится с методами и аппаратурой для контроля геометрических размеров протяжённых изделий в процессе производства. Получить навыки проведения допускового контроля диаметра с использованием реального измерителя диаметра и имитатора технологической линии.

Программа работы

2. Изучить состав, конструкцию и ознакомиться с назначением и характеристиками измерительного комплекта «Цикада-2.7».
3. Ознакомиться с режимами работы измерительной головки «Цикада 2.72» и блока индикации «БИ 2.62».
4. Провести калибровку прибора.
5. Выявить и оценить факторы, влияющие на погрешность измерения диаметра.
6. Оценить погрешность измерения прибором овальности.
7. Оценить быстродействие прибора.
8. Оформить отчет.

2.1 Классификация измерителей диаметра кабеля.

Для контроля диаметра токопроводящих жил, проводов и кабелей разработано много различных типов приборов, предназначенных для

применения в определенных условиях.

Известны измерители, выпускаемые для кабельной промышленности фирмой «Sikora» (ФРГ) и фирмой «Beta» (Бельгия), Zumbah (Австрия) [5.32, 5.33] которые в основном удовлетворяют требованиям производства, однако приобретение такого оборудования связано с определенными трудностями и неприемлемо для большинства отечественных предприятий.

Повышение требований к качеству кабелей и проводов определяет необходимость непрерывного контроля в процессе их производства. Оперативный контроль внешнего диаметра кабельных изделий необходим как в процессе изготовления кабеля, так и на этапе выходного контроля готовой продукции. В первом случае результаты измерения используются для управления технологическим процессом, например, процессом экструзии, во втором – измерение обеспечивает контрольные функции.

Для проводов, изолированных жил и кабелей круглого сечения одним из наиболее важных конструктивных параметров является наружный диаметр.



Рис 2.1.1 Классификация измерителей диаметра

Различные технологические процессы изготовления кабельных изделий включает в себя перемещение полуфабрикатов и готовой продукции со скоростями от 8 – 10 метров в минуту (эмалирование) до 1000 метров в минуту (волочение). Температура контролируемых объектов также имеет различные значения – от нескольких десятков до нескольких сотен градусов. Контролируемые изделия имеют

поперечные размеры от долей миллиметра до нескольких сантиметров и требуют измерения с различной точностью от десятков до единиц микрон [5.8, 5.9].

Все способы контроля размеров делятся на контактные, когда чувствительный элемент непосредственно соприкасается с измеряемым объектом, и бесконтактные. Классификация измерителей диаметра представлена в виде схемы на рис 2.1.1. Приборы контактного типа являются наиболее простыми и обеспечивают необходимую точность контроля. Однако их применение целесообразно при сравнительно небольших скоростях движения контролируемого объекта в связи с неравномерным износом измерительных поверхностей и значительной инерционностью. При наложении изоляции и покровов горячим способом контроль конструктивных размеров контактным способом осуществим только после охлаждения изделия, на значительном удалении от рабочего оборудования, что затрудняет процесс контроля и автоматического регулирования.

На технологических процессах, где скорость протяжки проводов и токопроводящих жил достигает 1000 метров в минуту, более предпочтительными являются приборы бесконтактного типа, обеспечивающие высокую точность, необходимое быстроедействие и имеющие выход на автоматическое регулирование.

2.1.1 Контактные методы.

Все контактные измерители диаметра основывались на применении обычных механических микрометров или датчиков перемещения. Измеритель диаметра имел подвижный щуп, который

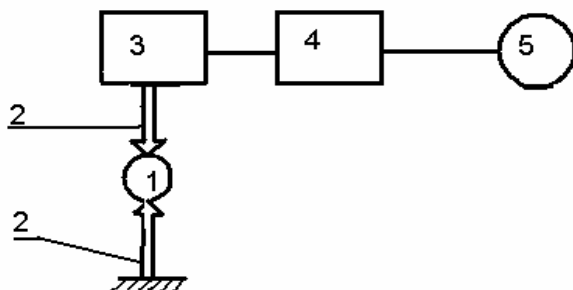


Рисунок 2.1.1.1 Структурная схема измерения прямым контактным методом

непосредственно касался измеряемой поверхности. При изменении диаметра кабеля щуп менял свое положение, и это фиксировалось микрометром или датчиком перемещения с последующей индикацией отклонения на градуированной шкале или цифровом табло. Такие приборы чаще всего давали не диаметр измеряемого изделия, а его отклонение от требуемого значения.

Приборы, использующие контактные методы измерения, имеют обычно структурную схему (рисунок 2.1.1.1), включающую контролируемую деталь 1, чувствительный элемент, например, наконечник 2, измерительный преобразователь 3, вторичный электронный преобразователь 4 и устройство индикации или регистрирующее устройство 5.

В качестве измерительных преобразователей чаще всего используют механические, оптико-механические, электрические и пневматические датчики [5.9].

Недостатком таких измерителей было наличие механического контакта щупов с самим кабелем, что приводило к истиранию трущихся поверхностей щупов, возникала возможность повреждения и деформации изоляции кабеля. Такие измерители диаметра нельзя было ставить сразу после экструзионной камеры; они не отличались большим сроком службы.

Поскольку контактные микрометры для измерения размеров устанавливались непосредственно на технологическом оборудовании, на точность их работы влияли вибрации, возникающие в цехе.

Учитывая все эти недостатки, разработчики со временем отказались от контактных измерителей диаметра, и сейчас они практически ни где не используются. Разработки в этой области больше не ведутся.

2.1.2 Бесконтактные методы.

В технике измерения широко распространены технические средства, построенные на бесконтактных методах. Они отличаются хорошими метрологическими и эксплуатационными характеристиками и динамическими свойствами. Для бесконтактных измерений размеров и формы используются оптические, ёмкостные ультразвуковые и другие первичные преобразователи, с помощью которых контролируемый параметр преобразуется в соответствующую физическую величину.

Бесконтактные методы измерения могут быть прямыми и косвенными.

При прямых методах измерения диаметр изделия сопоставляется с размером, например, шкалы или длиной волны.

При косвенных методах измерения используют различные зависимости геометрических размеров, например, от времени сканирования лучом рабочей зоны; от распределения минимумов и максимумов дифракционной картины и т. п.

В настоящее время к измерителю диаметра кабеля могут быть предъявлены следующие требования:

- отсутствие механического контакта измерителя с кабелем, что обеспечивает возможность установки измерителя сразу за экструдером изолирующего агрегата;
- измерение диаметра по двум координатам и более, с возможностью оценки овальности изготавливаемого изделия;
- высокая точность измерения, достигающая долей процента;
- высокое быстродействие (сотые доли секунды), позволяющее проводить измерения на движущемся кабеле;
- малые погрешности, при поперечных перемещениях кабеля, всегда возникающих в процессе производства;
- наличие протоколов связи прибора с технологическим оборудованием, для осуществления управления процессом производства;
- прибор должен быть совершенно нечувствительным к изменениям таких внешних факторов как: температура, влажность, давление, сетевые помехи и др.;
- универсальность – возможность использования прибора на разных этапах производства и для разных типов изделий;-
- большая надежность в реальных условиях эксплуатации при длительной многосменной работе;
- простота обслуживания;
- низкая стоимость.

Создание измерителя, в полной мере удовлетворяющей всем названным требованиям – очень сложная задача. Для решения перечисленных проблем более 15 лет назад начали проектироваться бесконтактные измерители диаметра кабеля.

Самыми распространёнными и многочисленными являются оптические способы измерения. Они так же являются наиболее современными и перспективными для создания измерителя, в полной мере удовлетворяющего всем выше названным требованиям.

2.1.3 Оптические методы.

Для бесконтактного измерения размеров в машиностроении широко применяют оптико-электронные приборы, использующие:

кодированные оптические шкалы, интерференционные методы, принципы амплитудной и импульсной модуляции, построенные на основе применения лазерной техники, микроэлектроники и микроЭВМ.

Существует пять наиболее распространенных оптических схем. Во всех схемах используется оптический способ измерения, отличающийся высоким быстродействием, точностью, хорошей помехозащищенностью позволяющий реализовать бесконтактный принцип получения первичной информации. Однако схемы имеют существенные различия, которые накладывают ограничения на область их применения. Ознакомимся с этими схемами более подробно.

2.1.3.1 Метод измерения мощности потока излучения.

Схема, показанная на рис 2.1.3.1.1, основана на измерении мощности излучения, воспринимаемого фотоприемником. Измеряемый объект (кабель) находится в рабочей зоне, через которую проходит параллельный световой поток, осветителя. Кабель частично

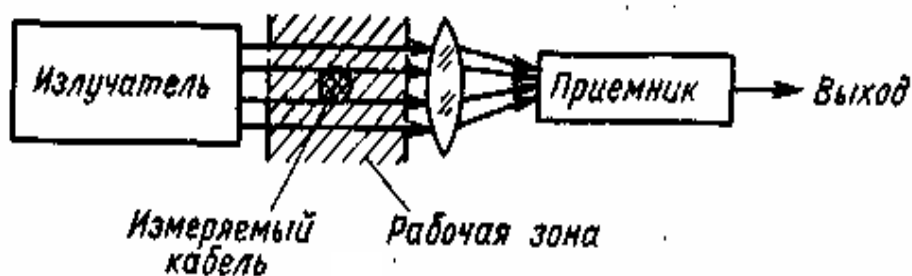


Рис. 2.1.3.1.1 Метод измерения мощности потока излучения.

перекрывает световой поток, и соответственно, уменьшает мощность излучения, достигающую фотоприемника. Изменения мощности излучения, воспринимаемого фотоприемником, пересчитываются затем в диаметр измеряемого кабеля. Для применения данной схемы необходим источник со стабильным световым потоком, который с течением времени остаётся постоянным, а так же приёмник оптического излучения с постоянной чувствительностью. В реальных условиях при наличии внешних дестабилизирующих факторов эти условия труднодостижимы. По этой причине прибор требует постоянной калибровки и не отличается достаточной точностью измерений. Необходимость амплитудных измерений мощности, а в некоторых вариантах схемы и необходимость проведения измерений механических перемещений ограничивают применение схемы [5.5].

2.1.3.2 Схема со сканирующим узлом.

Схема, приведенная на рис. 2.1.3.2.1, содержит сканирующий узел, создающий тонкий луч, равномерно вращающийся со скоростью V в зоне измерения шириной W . Пересекая измеряемый кабель, луч прерывается и на фотоприемнике, воспринимающем излучение, возникает импульс, длительность которого равна времени t движения луча в поперечном сечении кабеля. Длительность импульса фотоприемника измеряется и переводится в диаметр измеряемого кабеля выражением.

$$D = \frac{t}{T} \cdot W,$$

где T есть период сканирования всей рабочей зоны.

Так как время t зависит от собственной скорости движения измеряемого объекта v , расчёты по этой формуле будут верны только в том случае, если v будет равна нулю.

$$t = \frac{D}{V - v} \quad \text{если } v=0 \text{ то } t = \frac{D}{V}$$

Относительная погрешность из-за перемещения кабеля будет равна:

$$\frac{dD}{D} = \frac{v}{V - v}$$

При сильных вибрациях кабеля погрешность может возрасти, поэтому кабель нужно дополнительно стабилизировать.

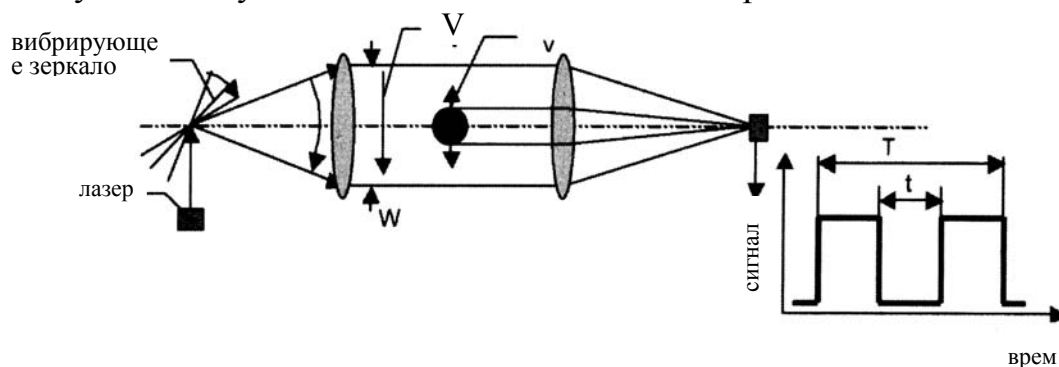


Рис. 2.1.3.2.1 Схема со сканирующим узлом.

В качестве источников излучения в таких схемах используют полупроводниковые лазеры. Вращение луча осуществляется зеркальным шестигранником, а в новых приборах такого типа пьезоэлектрическим зеркалом [5.7].

Достоинством схемы являются большой диапазон измерения, высокая скорость измерения и большая точность. Однако наличие подвижных узлов требует их высококачественного изготовления для получения требуемого ресурса работы, а необходимость использования

качественной широкоапертурной оптики усложняет и удорожает устройство.

2.1.3.3 Теневой метод в квазипараллельном пучке.

При разработке устройств измерения диаметра кабеля на сегодняшний день наиболее часто используется этот метод. Его оптическая схема изображена на рисунке 2.1.3.3.1 Излучатель с помощью оптической системы создает в рабочей зоне, сквозь которую горизонтально движется измеряемый кабель, пучок света близкий к параллельному. Тень кабеля падает на многоэлементный фотоприемник, ячейки которого расположены вертикально в линию. Число затемненных ячеек фотоприемника помноженное на ширину одной ячейки соответствует диаметру кабеля и может быть подсчитано $D=n \cdot l$ при опросе ячеек [51, 5.2, 5.5]. Современные фотоприёмные линейки имеют размер ячейки l от 5 до 12 мкм, что даёт возможность обеспечивать соответствующую точность измерения. В качестве источника излучения могут быть использованы лампа накаливания, одиночный светоизлучающий диод или полупроводниковый лазер. Использование лазера предпочтительней, так как этот источник наиболее приближён к точечному. Это упрощает оптическую схему и процесс настройки и юстировки.

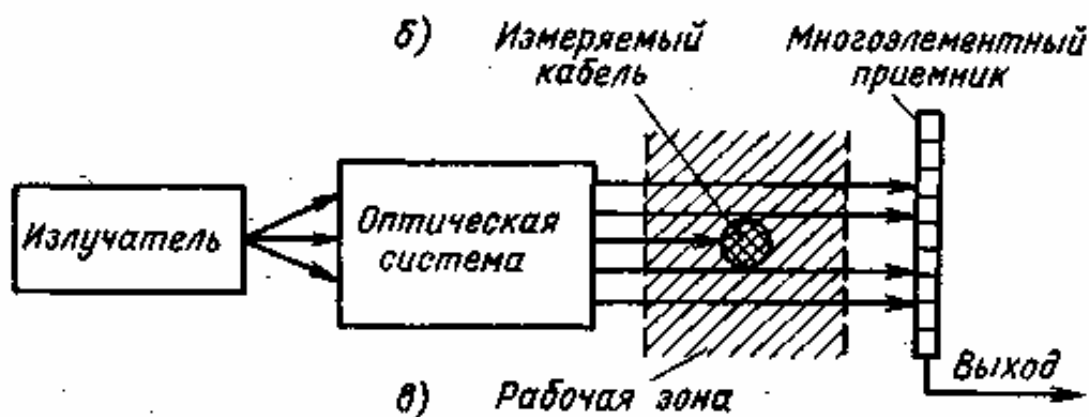


Рис. 2.1.3.3.1 Теневой метод в квазипараллельном пучке.

Основной вклад в погрешность при использовании данной схемы вносит не идеальность оптической системы коллиматора, который преобразует свет от точечного источника в параллельный пучок. Наличие aberrаций и погрешность юстировки приводят к тому, что световой поток в рабочей зоне отличен от параллельного и при перемещениях измеряемого объекта в рабочей зоне это довольно сильно влияет на точность измерения. Чем больше зона измерения тем шире должна быть апертура коллиматора, а в свою очередь при

увеличении апертуры влияние этого вида ошибки на измерение увеличивается, даже если мы используем фотоприёмную линейку с более мелким шагом. По этой же причине схема непригодна для измерения малых объектов меньше 1 мм. Таким образом, данная схема применима для измерений в диапазоне диаметров примерно от 1 до 25 мм. Создание двухкоординатных измерителей с широкой зоной измерения на базе этой схемы проблематично в силу ее громоздкости и других изложенных выше причин, однако схема выгодно отличается от предыдущих потенциально более высокой надёжностью из-за отсутствия механических подвижных элементов и меньшим влиянием помех, так как не требует проведения амплитудных и временных измерений. Она довольно давно (с 1990 года) и успешно применяется на предприятии «Эрмис» для создания однокоординатных измерителей диаметра с шириной зоны измерения от 20 до 80 мм.

2.1.3.4 Метод построения изображения.

Здесь в основе лежит метод построения изображений объекта. Суть метода поясняет рисунок 2.1.3.4.1

Протяженный источник фоновой подсветки излучающий диффузно рассеянный свет, создает ярко освещенный фон, необходимый для получения объективом контрастного изображения контролируемого объекта. Перед линейкой, в рабочей зоне

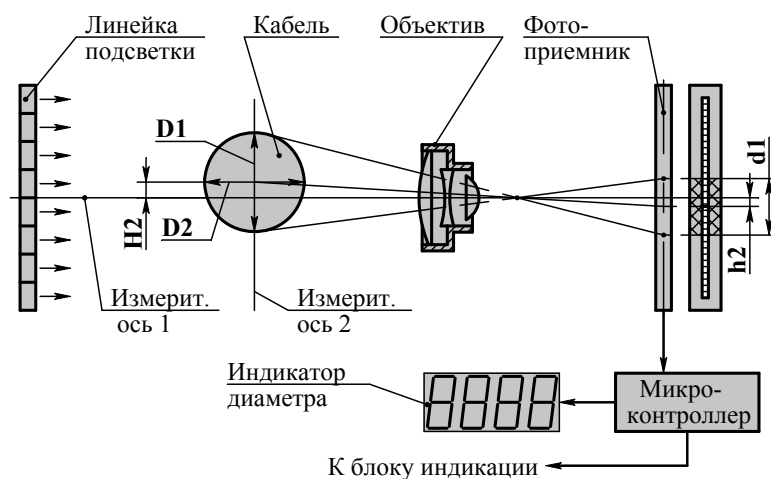


Рис. 2.1.3.4.1 Принцип измерения диаметра

измерительной головки, движется измеряемое изделие диаметром D . Изображение кабеля проектируется объективом в уменьшенном виде на многоэлементный фотоприемник, содержащий ряд фоточувствительных ячеек малого размера. Ячейки фотоприемника расположены в линию, перпендикулярно продольной оси объекта. Количество ячеек, закрытых

изображением, определяет микроконтроллер измерительной головки, управляющей работой фотоприемника. Исходя из числа ячеек, закрытых изображением, и размера ячейки, микроконтроллер рассчитывает размер изображения кабеля d_1 , а, зная масштаб преобразования N объектива, определяет в миллиметрах истинный диаметр кабеля D_1 .

Для устранения погрешности измерения, возникающей при смещении кабеля из центра измерительной зоны, используется перекрестная связь между измерительными каналами 1 и 2.

Перекрестная связь выполнена следующим образом. Смещение кабеля вдоль оси 2: величина H_2 , не контролируемая каналом 2, измеряется каналом 1 как величина h_2 и передается в канал 2 для корректировки диаметра D_2 . Аналогично, каналом 2 измеряется смещение H_1 и передается в канал 1.

Устранение погрешности измерения из-за боковой подсветки кабеля линейкой «не своего» канала достигается за счет импульсного поочередного включения линеек фоновой подсветки. В этом случае измерение D_1 и D_2 происходит поочередно, однако короткое время измерения и быстрое переключение каналов позволит считать процесс измерения практически непрерывным и независимым от линейной скорости движения кабеля [5.3].

Расстояния от главных фокальных плоскостей до предметной плоскости и плоскости изображений находится по формуле:

$$\frac{1}{a_2} - \frac{1}{a_1} = \frac{1}{f}$$

Таким образом, на ПЗС линейках получаем изображение объекта, уменьшенное в N раз. N зависит от типа используемого объектива и находится по формуле:

$$N = \frac{x_2}{f} = \frac{f}{x_1}, \text{ где } x_1 = a_1 - f \text{ и } x_2 = a_2 - f \text{ (рис. 12.2.1.2)}$$

На рисунке 2.1.3.4.2 изображена эскизная схема оптической системы измерителя диаметра использующего проекционную схему измерения. Источниками света служат модули «световые полосы», которые излучают диффузно рассеянный свет. При этом в предметную плоскость широкоугольных фотографических объективов помещается непрозрачный или частично прозрачный измеряемый образец, а многоэлементный приемник ставится в плоскости изображений.

Пунктирной линией на рисунке 2.1.3.4.2 показан ход лучей в одном из каналов.

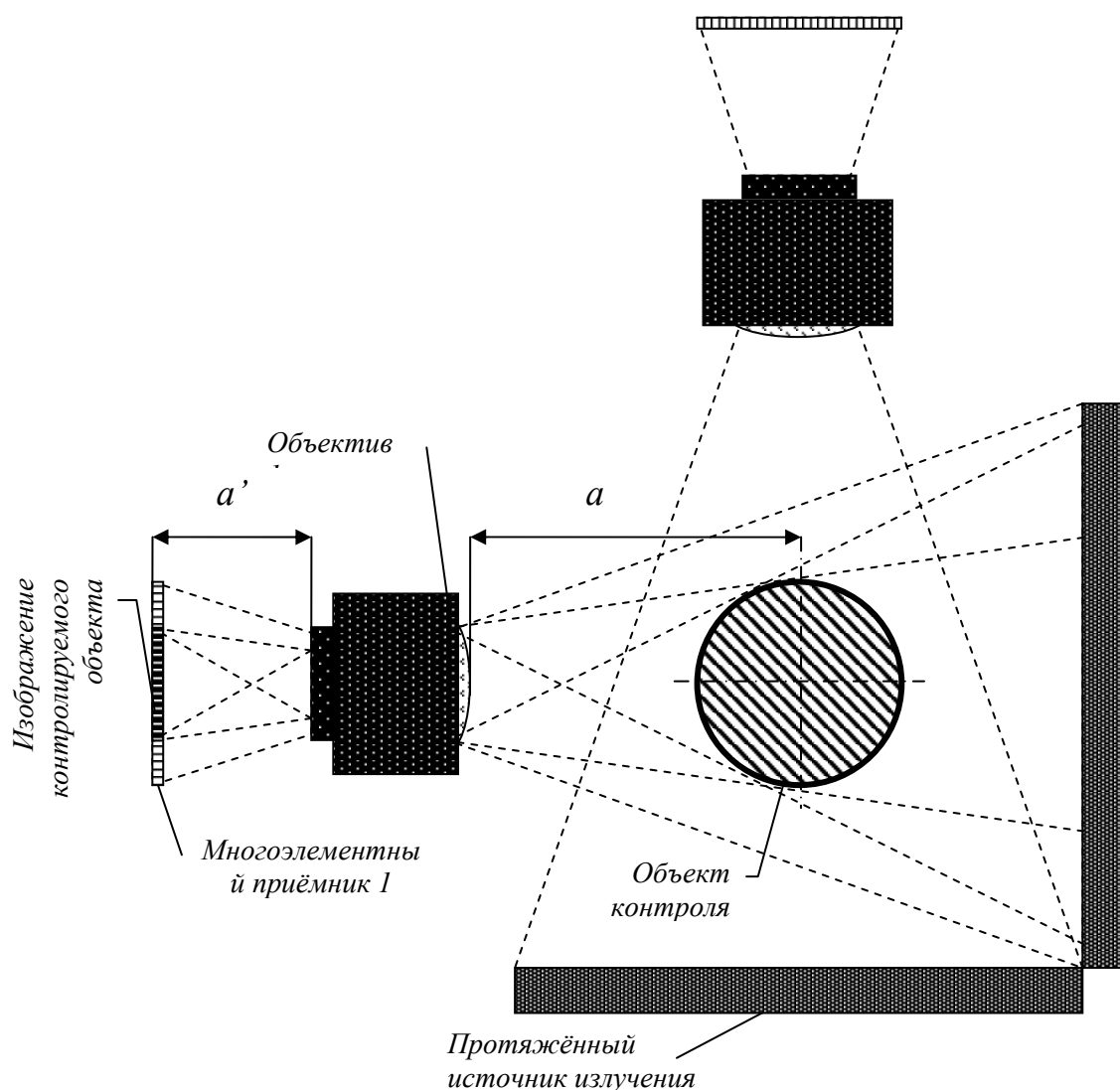


Рис. 2.1.3.4.2 Оптическая схема проекционного измерителя.

Для приборов такого типа следует использовать высококачественные исправленные на аберрации объективы желательно фотографические. При их использовании перемещения объекта перпендикулярно оптической оси практически не влияют на линейные размеры изображения. В противном же случае эти изменения должны исправляться программно, что является очень сложной задачей.

Достоинствами схемы является то, что она является двухкоординатной; с её помощью, возможно, измерять объекты очень больших диаметров (до 200 мм); в ней не используются дорогостоящие полупроводниковые лазеры и ПЗС линейки большой длины; схема

полностью сохраняет свою работоспособность при повышенных внешних температурах.

2.1.3.5 Теневой метод в расходящемся пучке.

Как говорилось в пункте 2.1.3.3, оптическая линзовая система оказывает существенное влияние на точность измерения. На рисунке 2.1.3.5.1 представлена схема измерителя, в которой точечный источник излучения светит расходящимся пучком непосредственно на фотоприёмную линейку. В качестве источников здесь всегда используется полупроводниковые лазеры излучение которых наиболее близко к точечному. В схеме не используется преобразующая оптика. Здесь мы имеем дело с расходящимся пучком и не можем однозначно определить диаметр объекта по его тени, так как это делается в параллельном пучке. При перемещении измеряемого объекта размер его тени также меняется, но мы можем отслеживать эти перемещения, если перпендикулярно одному измерительному каналу поставим другой идентичный первому

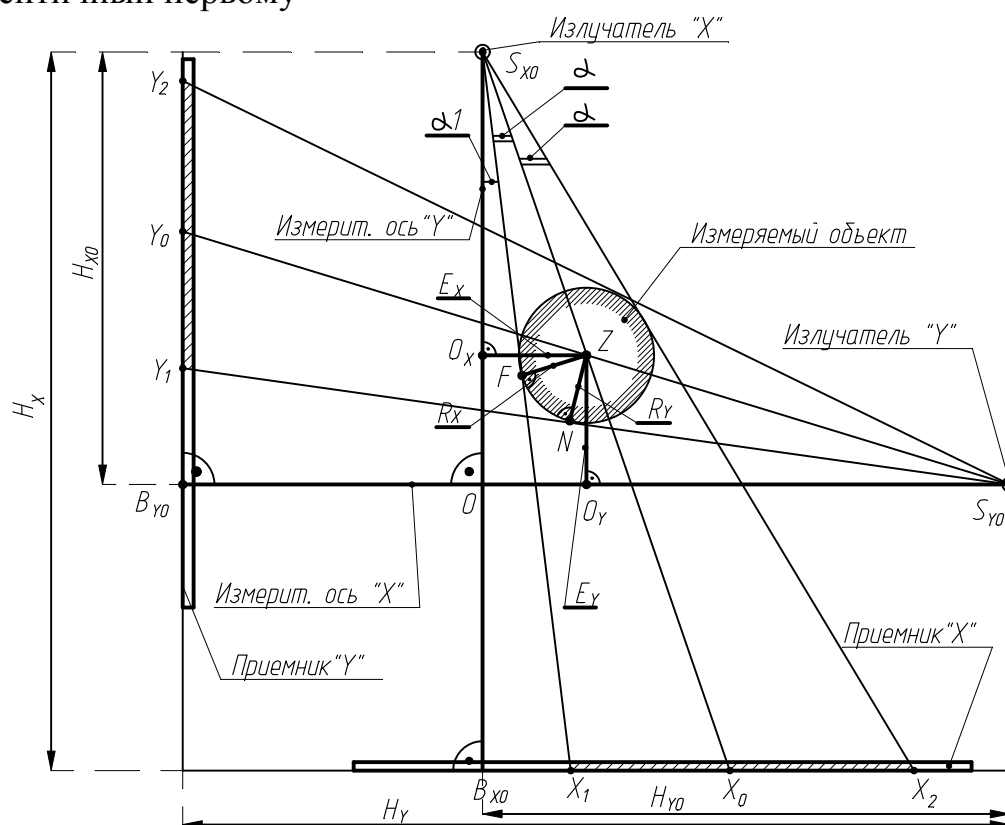


Рис 2.1.3.5.1. Теневой метод в расходящемся пучке, двухкоординатная схема.

Бесконтактные двухкоординатных измерители диаметра круглых протяженных изделий, таких как кабель, канаты, трубы и т.п., использующие теневой метод измерения в расходящемся световом потоке, обладают целым рядом неоспоримых преимуществ, связанных с

отсутствием в них элементов линзовой и зеркальной оптики [5.1], [5.2], [5.5]. В частности, достижимая точность измерения таких приборов составляет доли микрометра и ограничена только дифракционными эффектами на границах тени. Однако, работа в расходящемся световом потоке вызывает изменение размеров тени измеряемого объекта при его перемещениях в зоне контроля. Последнее требует использования сложных соотношений для расчета истинного диаметра объекта. Длина современных фотодиодных и ПЗС линеек колеблется в пределах от 20 до 100 мм что в свою очередь накладывает ограничение на ширину зоны измерения.

Схема рассматриваемого двухкоординатного измерителя показана на рисунке 2.1.3.5.1. Прибор содержит два измерительных канала оси которых X и Y взаимно перпендикулярны. В каждом канале имеется точечный излучатель (лазер), создающий расходящийся световой поток и многоэлементный линейный фотоприемник, измеряющий размер тени объекта. Контролируемый объект, имеющий форму сечения близкую к кругу, находится в рабочей зоне прибора, освещается двумя излучателями и образует две тени, воспринимаемые фотоприемниками измерительных каналов. Обработку сигналов фотоприемников и расчет истинного диаметра объекта выполняет микроконтроллер, входящий в состав прибора[5.4].

Изначально известны следующие параметры конструкции прибора:

- Расстояния H_X и H_Y от центра излучателя до плоскости приемника каждого из каналов: отрезки (S_{X0} ; B_{X0}) и (S_{Y0} ; B_{Y0}).
- Расстояния H_{X0} и H_{Y0} от центра излучателя до центра рабочей зоны, т.е. до точки (0), являющейся пересечением измерительных осей.
- Шаг ячеек фотоприемника, позволяющий по числу ячеек приемника, закрытых тенью объекта, определить размер тени, т.е её ширину, а также определить смещение центра тени относительно «нулевой» ячейки приемника.

В процессе работы прибора фотоприемники «X» и «Y» фиксируют границы тени объекта. Микропроцессор прибора рассчитывает координаты этих границ в плоскостях приемников. Началом координат являются «нулевые» ячейки приемников, расположенные в точках B_{X0} и B_{Y0} . Границы теней имеют координаты:

В работе [1] выведены выражения для расчета диаметра для каждой из осей в такой двухкоординатной оптической системе:

$$D_x = 2 * \sqrt{E_x^2 + (H_{X0} - E_Y)^2} * \sin \frac{1}{2} (\arctg \frac{X_2}{H_X} - \arctg \frac{X_1}{H_X})$$

$$D_Y = 2 * \sqrt{E_Y^2 + (H_{Y0} - E_X)^2} * \sin \frac{1}{2} (\arctg \frac{Y_2}{H_Y} - \arctg \frac{Y_1}{H_Y}), \quad (1)$$

где расстояние от центра объекта до соответствующих осей равны:

$$E_X = \frac{X_0 * H_Y (H_{X0} - Y_0 * \frac{H_{Y0}}{H_Y})}{(H_X * H_Y - X_0 Y_0)}$$

$$E_Y = \frac{Y_0 * H_X (H_{Y0} - X_0 * \frac{H_{X0}}{H_X})}{(H_X * H_Y - X_0 Y_0)}, \quad (2)$$

где положения проекции центра объекта на соответствующих многоэлементных приёмниках равны:

$$X_0 = H_X * \tg \frac{1}{2} (\arctg \frac{X_2}{H_X} + \arctg \frac{X_1}{H_X})$$

$$Y_0 = H_Y * \tg \frac{1}{2} (\arctg \frac{Y_2}{H_Y} + \arctg \frac{Y_1}{H_Y}) \quad (3)$$

где положения начала X_1, Y_1 и конца X_2, Y_2 теней объекта на соответствующих приёмниках равны.

$$X_1 = f_x - B_{x0}, \quad X_2 = s_x - B_{x0},$$

$$Y_1 = f_y - B_{y0}, \quad Y_2 = s_y - B_{y0}. \quad (4)$$

Фронты и спады теней соответствующих приёмников f_x, s_x и f_y, s_y собственно являются измеренными значениями необходимыми для расчёта диаметра по вышеприведённым выражениям.

2.2 Описание комплекта измерителя диаметра «Цикада-2.7»

Измеритель «Цикада-2.7» является бесконтактным средством измерения диаметра протяженных изделий, имеющих близкую к круглой форму поперечного сечения.

Например: электрические и оптические кабели и элементы их конструкции; прутки и трубы малого диаметра из пластмассы, металла, стекла; проволока, нити, тонкие канаты и другие аналогичные изделия.

Измеритель предназначен для использования в качестве рабочего средства измерения при непрерывном контроле технологического процесса производства протяженных изделий, а также при контроле готовой продукции.

Измерение осуществляется непосредственно, в процессе движения контролируемого изделия, либо в статическом состоянии.

Измеритель представляет собой комплект, содержащий измерительную головку, устанавливаемую непосредственно на технологической линии и выносной блок индикации, размещаемый на рабочем месте оператора.

В кабельной промышленности измеритель рекомендуется для контроля диаметра кабельных изделий малого и среднего сечения.

Измерители устанавливаются на экструзионных линиях наложения изоляции, на агрегатах непрерывной вулканизации, на участках бухтовки и контрольной перемотки кабеля [5.6, 5.31].

2.2.1 Характеристики по назначению

Измеритель обеспечивает бесконтактное измерение диаметра кабеля, движущегося через рабочую зону измерительной головки. Измерение осуществляется одновременно по двум осям поперечного сечения кабеля. Измерительные оси взаимно перпендикулярны и наклонены на угол 45^0 к плоскости горизонта.

Индикация измеряемого диаметра производится в миллиметрах на встроенном цифровом индикаторе ДИАМЕТР измерительной головки и индикаторе ФАКТИЧЕСКИЙ ДИАМЕТР выносного блока индикации.

2.2.2 Метрологические характеристики

- Размеры рабочей зоны измерительной головки в плоскости поперечного сечения кабеля круг диаметром 13 мм.
- Рекомендуемый диапазон измеряемых диаметров (0,5..10) мм.
- Погрешность измерения:
 - при температуре $(20 \pm 5)^0$ С не более ± 20 мкм.
 - при температуре $(20 \pm 15)^0$ С не более ± 30 мкм.
- Цена единицы младшего разряда индикатора ДИАМЕТР 10 мкм.

2.2.3 Эксплуатационные характеристики

- Время готовности к работе не более 5 с.
- Время непрерывной работы неограниченно.
- Средний срок службы 10 лет.
- Допустимая линейная скорость кабеля 3000 м/мин.
- Допустимая вибрация кабеля в зоне измерения:
 - амплитуда не более 1,5 мм.
 - частота не более 55 Гц.
- Допустимая высота расположения измеряемого кабеля над поверхностью пола (840...1250)мм.
- Положение кабеля при измерении горизонтальное.
- Габаритные размеры основных блоков измерителя (длина вдоль оси кабеля $\times$ высота $\times$ длина поперек оси кабеля):
 - измерительной головки 80 $\times$ 250 $\times$ 115 мм.
 - блока индикации 115 $\times$ 180 $\times$ 240 мм.
- Масса блоков измерителя:

- измерительной головки 2,9 кг.
- блока индикации 2,3 кг.

• Максимальная допустимая длина кабеля связи между измерительной головкой и блоком индикации 150 м.

2.2.4 Измерительная головка «Цикада-2.72»

В режиме «Измерение» измерительная головка показывает на встроенном индикаторе средний диаметр контролируемого кабеля, вычисляемый как полусумма диаметров по двум измерительным осям.

В дополнительных режимах индикации, включаемых по желанию оператора, измерительная головка показывает диаметры по каждой из осей измерения, либо овальность кабеля.

Переключение режимов осуществляется кнопками с передней панели измерительной головки. Дополнительный индикатор РЕЖИМ на передней панели показывает включенный режим индикации, которые обозначены следующим образом:

- d** – индикация среднего диаметра;
- 1** – диаметр по первой измерительной оси;
- 2** – диаметр по второй измерительной оси;
- 0** – овальность кабеля.

Измеренные головкой значения передаются по цифровой линии связи в блок индикации.

2.2.4.1 Принцип действия

Для определения диаметра кабеля в измерителях «Цикада-2.7» применяется бесконтактный оптико-электронный теневой метод. Метод основан на измерении поперечного размера тени, создаваемой кабелем, проходящим через освещенную рабочую зону измерительной головки. Принцип измерения поясняет рисунок 2.2.4.1.1.

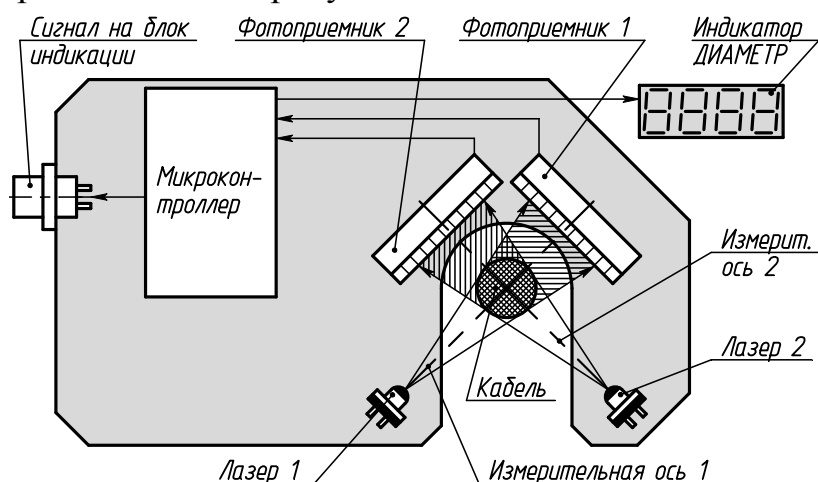


Рисунок 2.2.4.1.1 – Оптико-электронный теневой метод измерения.

Измерительная схема головки содержит два измерительных канала оси которых взаимно перпендикулярны. В каждый из каналов входит источник излучения и фотоприемник.

Источником излучения является импульсный инфракрасный лазер, который создает расходящийся световой поток, близкий по характеристикам к потоку идеального точечного источника. Проходя через рабочую зону головки, световой поток пересекает на своем пути измеряемый кабель и создает за кабелем тень. Ширина тени зависит от диаметра кабеля и положения кабеля вдоль измерительной оси.

Тень кабеля проектируется на многоэлементный фотоприемник, представляющий собой интегральную схему, имеющую ряд миниатюрных фоточувствительных ячеек. Ячейки расположены в линию с фиксированным шагом, поперек оси кабеля.

Количество ячеек фотоприемника, закрытых тенью кабеля, подсчитывает микроконтроллер измерительной головки. Исходя из числа затененных ячеек и зная фиксированный шаг ячеек, микроконтроллер определяет истинный размер тени. Далее, размер тени пересчитывается в диаметр кабеля. При расчете диаметра используется информация о положении кабеля вдоль измерительной оси, которая поступает от второго измерительного канала.

В свою очередь первый канал поставляет аналогичную информацию для второго канала о расположении кабеля на второй измерительной оси. Таким образом, совместная обработка микроконтроллером информации от двух фотоприемников позволяет рассчитать истинный диаметр кабеля отдельно по каждой из двух осей его поперечного сечения.

Средний диаметр кабеля определяется как полусумма диаметров по двум осям поперечного сечения, а овальность кабеля находится как полуразность этих значений. Измеренные значения выводятся на собственный цифровой индикатор измерительной головки и передаются по линии связи на выносной блок индикации.

2.2.4.2 Конструкция измерительной головки «Цикада-2.72»

Измерительная головка представляет собой функционально законченный блок, имеющий собственный сетевой источник питания и выполняющий основную задачу: двухкоординатное измерение диаметра кабеля, проходящего через рабочую зону и индикацию диаметра на встроенном цифровом индикаторе.

Конструкция измерительной головки показана на рисунке 2.2.4.2.1, а на рисунках 2.2.4.2.2 и 2.2.4.2.3 показано расположение элементов на передней и задней панелях головки.

Корпус головки (рисунок 2.2.4.2.1) состоит из жесткого силового каркаса **1**, несущего на себе элементы двух оптико-электронных измерительных каналов, двух боковых крышек **2**, закрывающих каркас, и съемных кожухов: верхнего **3**, переднего **4** и нижнего **5**.

Дополнительную жесткость каркасу обеспечивает силовая задняя панель **6**, с помощью которой головка монтируется на стойке и передняя панель **7** с элементами индикации и управления.

На силовом каркасе **1** расположены два полупроводниковых инфракрасных импульсных лазера **8** и два фотоприемника **9**. Каждый фотоприемник установлен на печатной плате **10**, на которой находятся элементы его электронного обрамления, в частности, на платах установлены подстроечные резисторы **11**, позволяющие корректировать погрешности измерительных каналов. Доступ к резисторам **11** открывается после снятия боковой крышки **2** каркаса.

Рабочая зона, через которую движется измеряемый кабель **12**, представляет собой окружность, центр которой совпадает с пересечением измерительных осей. Для свободной заправки кабеля в рабочую зону «на ходу», без остановки его движения, рабочая зона открыта снизу.

Защита оптических элементов от пыли и влаги, имеющейся в рабочей зоне, осуществляется защитными стеклами **13**. При эксплуатации измерителя требуется периодическая чистка стекол, описанная в разделе «Техническое обслуживание».

От механических повреждений кабелем, движущимся через рабочую зону, конструкция головки защищена износостойкими накладными полукольцами **14**.

Электронные элементы схемы головки размещены на пяти печатных платах, соединяемых между собой плоскими жгутами. В схему входят две платы фотоприемника **10**, плата индикатора **15**, плата контроллера **16** и плата источника питания **17**. К источнику питания относится также входной сетевой фильтр **18**, установленный отдельно, на внутренней стороне задней панели **6**.

Цифровой индикатор ДИАМЕТР **19** расположен на плате индикации **15** перед окном в передней панели **7**. Окно индикатора закрыто прозрачным светофильтром **20**. Кроме того, на плате индикации установлены кнопки **21** для переключения режимов индикации и дополнительный одноразрядный индикатор **22**, обозначающий включенный режим.

Монтаж измерительной головки осуществляется с помощью основной стойки **23** «СТ-1.30» и поворотного узла **24** «ПГ-1.20». Переходной установочной деталью является трубчатый держатель **25**,

который своим фланцем крепится к задней панели **6** головки, а на платформе **26** поворотного узла зажимается хомутами **27**.

Такое крепление позволяет регулировать положение головки в горизонтальном направлении, поперек оси кабеля, перемещая головку в зажимах хомутов **27**. Грубая регулировка вертикального положения головки осуществляется перемещением вверх-вниз выдвижной штанги **28** стойки **23**, а точная регулировка - подъемом или опусканием платформы **26** поворотного узла. Точная регулировка выполняется регулировочным винтом-упором **29**, который в выбранном положении фиксируется контргайкой **30**.

Поворотный узел **24** позволяет быстро выводить головку из зоны движения кабеля «на ходу», путем её поворота вокруг оси **31** и опрокидывания назад, а также быстро возвращать головку вновь в отрегулированное заранее рабочее положение.

Передняя панель головки, показанная на рисунке 2.2.4.2.2, содержит следующие элементы индикации и управления:

- Основной индикатор **19** ДИАМЕТР (мм), показывающий измеряемый диаметр или овальность кабеля.

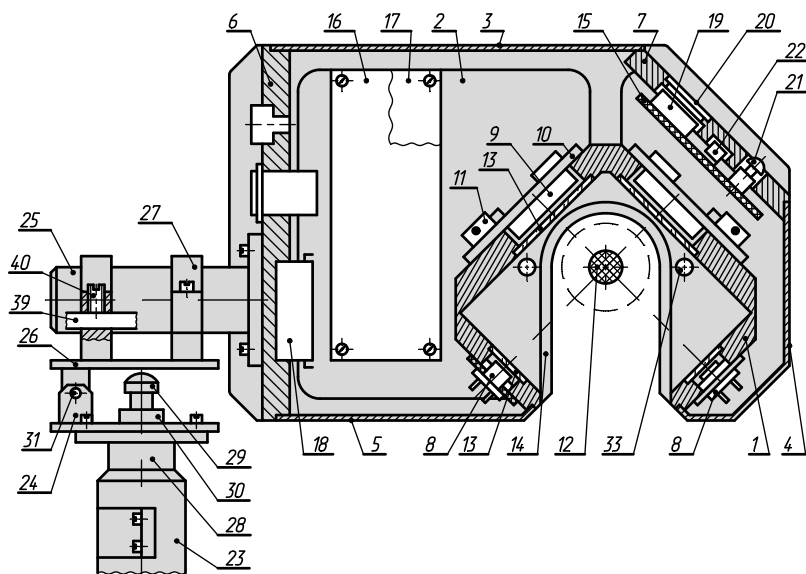


Рисунок 2.2.4.2.1 – Конструкция измерительной головки.

- Дополнительный индикатор **21** РЕЖИМ, указывающий включенный в настоящий момент режим индикации. Режимы обозначаются следующим образом:

d – индикация среднего диаметра кабеля (основной режим).

1. – индикация диаметра, измеренного каналом 1.

2. – индикация диаметра, измеренного каналом 2.

0. – индикация овальности кабеля.

- Кнопки **22** КАНАЛ 1, КАНАЛ 2 и ОВАЛЬНОСТЬ. При нажатии кнопки включается соответствующий режим индикации: «1», «2» или «0». После отпускания кнопки схема возвращается в основной режим «d» - индикация среднего диаметра.

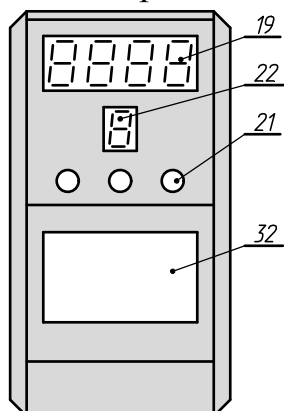


Рис. 2.2.4.2.2 – Передняя панель головки.

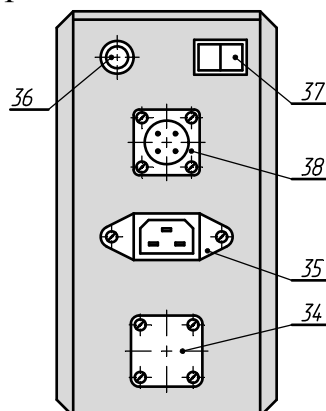


Рисунок 2.2.4.2.3 – Задняя панель головки.

- На поле **32** передней панели нанесена основная маркировка измерительной головки, которая включает в себя название изделия «Измерительная головка «Цикада-2.72» и заводской номер головки

- На боковых крышках головки изображен товарный знак предприятия-изготовителя и надпись «**Цикада**». **Двухкоординатный измеритель диаметра**. Кроме того, на боковых крышках показано стрелками расположение измерительных осей, причем ширина стрелки соответствует ширине рабочей зоны измерителя вдоль этой оси.

На боковых крышках, с обеих сторон, горизонтально, по центру рабочей зоны расположены два резьбовых отверстия М4, (позиция **33**, рис. 2.2.4.2.1). Отверстия служат для крепления платформы калибров, помещаемых в рабочую зону головки при калибровке. Отверстия **33** могут использоваться также для установки на измерительную головку роликовых приспособлений, устраняющих вибрацию измеряемого кабеля и стабилизирующих его положение в рабочей зоне.

Боковые крышки головки опломбированы бумажной наклейкой, на которой указана дата калибровки измерителя и нанесен штамп предприятия, проводившего калибровку, либо штамп ОТК предприятия изготовителя.

Задняя панель головки, показанная на рисунке 2.2.4.2.3, является элементом силового каркаса и служит для механического крепления головки и её электрического подключения. На задней панели расположены:

- Четыре резьбовых отверстия М5 (позиция **34**) для присоединения фланца трубчатого держателя **25** используемого при установке измерительной головки.
- Вилка **35** ~220 В 50 Гц для подключения шнура «КП-1» сетевого питания.
- Сетевой предохранитель **36** на ток 0,5 А.
- Клавишный выключатель **37** СЕТЬ, включающий питание головки. Во включенном состоянии загорается подсветка клавиши выключателя.
- Разъем **38** ПОДКЛЮЧЕНИЕ БЛОКА ИНДИКАЦИИ, к которому присоединяется кабель связи «КС-1.31» для передачи данных от головки к блоку индикации.

Электрические кабели головки после её монтажа пропускаются через отверстие **39** хомута **27**, расположенного на поворотном узле **24** (рисунок 2.2.4.2.1) и фиксируются в отверстии винтом **40**.

2.2.5 Блок индикации «БИ-2.62»

Блок индикации облегчает действия оператора при управлении технологическим процессом. Поскольку рабочее место оператора обычно удалено от места установки измерительной головки, блок индикации предоставляет оператору на рабочем месте информацию о текущем диаметре кабеля, дублируя показания измерительной головки. Кроме того, блок позволяет проводить допусковый контроль диаметра, осуществляет сигнализацию выхода диаметра за допуск, формирует сигналы для внешней автоматики и внешних цифровых устройств.

Блок индикации повторяет на своем индикаторе показания индикатора измерительной головки, а также выполняет допусковый контроль диаметра и сигнализацию выхода за допуск.

Блок устанавливается на рабочем месте оператора, на значительном удалении от измерительной головки и обеспечивает оператору удобство контроля и управления технологическим процессом. Конструкция блока показана на рисунке 2.2.5.1.1, а расположение элементов на передней и задней панелях изображено на рисунках 2.2.5.1.2, 2.2.5.1.3.

Выносной блок индикации работает в трех режимах: «Измерение», «Установка», «Настройка», переключаемых оператором.

Режим «Измерение» блока индикации является основным. В этом режиме индикатор **ДИАМЕТР ФАКТИЧЕСКИЙ** показывает средний диаметр кабеля либо овальность, по выбору оператора. При индикации овальности в старшем разряде индикатора появляется символ «0».

Кроме того, в режиме «Измерение», блок индикации выполняет следующие дополнительные функции:

- Отображает на линейной светодиодной шкале в виде светового отрезка величину отклонения измеренного среднего диаметра от номинального значения, а также направление этого отклонения: к верхнему, либо к нижнему допуску.

- В случае выхода среднего диаметра за допуск осуществляет следующие действия: включается в мигающий режим одну из половин светодиодной шкалы, подается тональный звуковой сигнал «Превышение допуска», а также формируется электрический сигнал «Превышение допуска», поступающий на клеммы Выход на задней панели блока.

- Измеренные значения (диаметры по осям измерения, диаметр средний и овальность) передаются в цифровом виде по интерфейсу RS-485 на внешние цифровые устройства. Эти устройства подключаются к разъему СВЯЗЬ блока индикации.

Интерфейсом RS-485 блок индикации оснащается по желанию заказчика. В типовом варианте поставки интерфейс отсутствует, а разъем СВЯЗЬ закрыт заглушкой.

2.2.5.1 Конструкция блока

Каркас блока состоит из основания **1**, передней панели **6** и задней панели **2**. Жесткость каркасу обеспечивают планки **4**. Блок закрывается П-образным кожухом **3**, который одевается со стороны задней панели (рисунок 2.2.5.1.1).

Внутри корпуса расположены две печатные платы: плата индикации **5**, укрепляемая вертикально, изнутри на переднюю панель и плата контроллера **9**. Межплатные соединения выполнены плоским жгутом **7**, оканчивающимся миниатюрным плоским разъемом.

На плате индикации находятся светодиодные цифровые индикаторы и элементы схемы управления индикаторами. На плате контроллера расположен собственно сам микроконтроллер, источник питания блока с сетевым трансформатором **10**, реле, формирующие сигнал выхода за допуск и миниатюрная головка звуковой сигнализации.

Передняя панель блока индикации изображена на рисунке 2.2.5.1.2. На переднюю панель выведены следующие элементы индикации и управления:

- Основной четырехразрядный цифровой индикатор ДИАМЕТР ФАКТИЧЕСКИЙ (позиция **13**), показывающий средний измеренный диаметр, либо овальность кабеля.

Основным режимом является режим индикации среднего диаметра. Режим индикации овальности устанавливается при нажатии кнопки ИЗМЕРЕНИЕ. Повторное нажатие этой кнопки возвращает схему в основной режим индикации.

- Дополнительный четырехразрядный цифровой индикатор ДИАМЕТР НОМИНАЛЬНЫЙ (позиция **14**), показывающий номинальное значение диаметра, установленное оператором. Цена младшего разряда индикатора 0,01 мм.

- Два дополнительных трехразрядных индикатора: ДИАМЕТР МИНИМ. и ДИАМЕТР МАКСИМ. (позиция **15**), показывающие установленные оператором предельные допустимые значения диаметра. Цена младшего разряда этих индикаторов 0,1 мм.

- Кнопки УСТАНОВКА (позиция **24**) и ИЗМЕРЕНИЕ (позиция **17**). При нажатии кнопок загорается подсветка клавиши и блок переходит в соответствующий режим работы. Включение режима подтверждается звуковым тональным сигналом и зажиганием дополнительного сигнального светодиода, указывающего включенный режим.

Дополнительные элементы индикации и управления на передней панели:

- Сигнальные цветные светодиоды (позиция **22**): ДИАМЕТР СРЕДНИЙ, ОВАЛЬНОСТЬ, НАСТРОЙКА, МИНИМУМ, НОМИНАЛ, МАКСИМУМ. Светодиоды обозначают включенный режим работы блока индикации.

- Кнопки БОЛЬШЕ и МЕНЬШЕ (позиция **23**), используются в режиме «Установка» для задания на дополнительных индикаторах номинального и предельно допустимых диаметров.

- Кнопка НАСТРОЙКА (позиция **16**), применяется при включении режима «Настройка», служащего для изменения параметров сигнализации блока.

- Линейная светодиодная шкала (позиция **20**), состоящая из двух секций: верхней и нижней и центрального светодиода **21**.

Шкала показывает, в какую сторону от номинального значения отклоняется фактический средний диаметр. Если отклонение происходит к максимально допустимому диаметру, горят сегменты верхней половины шкалы. При отклонении к минимальному диаметру горят сегменты нижней шкалы.

Количество зажженных сегментов показывает величину отклонения. Если фактический диаметр совпадает с номинальным значением, горит только центральный светодиод **21** шкалы.

В случае выхода фактического диаметра за допуск загораются все сегменты одной из половин шкалы, и включается тональный звуковой сигнал. Одновременно формируется электрический сигнал «Превышение допуска», поступающий на клеммы ВЫХОД на задней панели блока.

- На поле **18** передней панели нанесен товарный знак предприятия-изготовителя, а в верхней части панели, на поле **19** расположена надпись: **«Цикада». Измеритель диаметра»**.

Основные режимы работы блока. Основными режимами блока являются режим «Измерение» и режим «Установка». Из них наиболее часто используется режим **«Измерение»**, который включается автоматически, сразу после включения блока. Индикатор **ДИАМЕТР ФАКТИЧЕСКИЙ** начинает показывать средний диаметр контролируемого кабеля.

Однократным нажатием кнопки **ИЗМЕРЕНИЕ** индикатор может быть переведен в дополнительный режим: отображение овальности кабеля. Переключение подтверждает загорающийся светодиод **ОВАЛЬНОСТЬ** и короткий тональный звуковой сигнал. Дополнительным признаком отображения овальности является прописная буква **«о»**, появляющаяся в старшем разряде индикатора **ДИАМЕТР ФАКТИЧЕСКИЙ**. Повторное нажатие кнопки **ИЗМЕРЕНИЕ** возвращает блок в режим индикации среднего диаметра.

Нажатием кнопки **УСТАНОВКА** открывается режим **«Установка»**, используемый оператором для установки на дополнительных индикаторах требуемого номинального и предельно допустимых диаметров. При этом загорается сигнальный светодиод **НОМИНАЛ.**, а дополнительный индикатор **ДИАМЕТР НОМИНАЛ.** переходит в мигающий режим. Это обозначает возможность установить на индикаторе в миллиметрах требуемое по технологическому процессу номинальное значение диаметра изготавливаемого кабеля. Установка осуществляется кнопками **БОЛЬШЕ** и **МЕНЬШЕ**, изменяющими выведенное на индикаторе значение.

Повторное нажатие кнопки **УСТАНОВКА** переводит блок в следующий подрежим, который позволяет выставить максимально допустимый диаметр на индикаторе **ДИАМЕТР МАКСИМ.** а затем минимально допустимый диаметр **ДИАМЕТР МИНИМ.** Нажатие кнопки **УСТАНОВКА** переключает указанные подрежимы бесконечно «по кругу». Выход из режима «Установка» выполняется нажатием кнопки **ИЗМЕРЕНИЕ**.

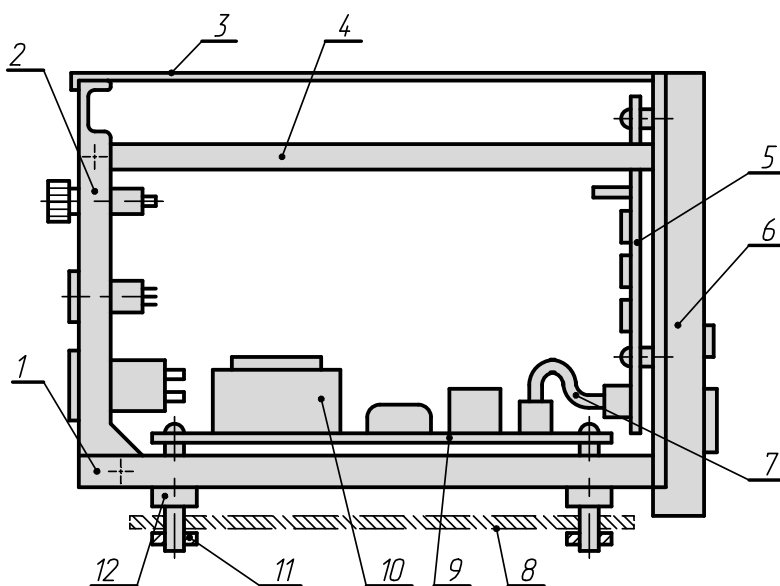


Рис. 2.2.5.1.1 - Конструкция блока индикации «Цикада-БИ-2.62Д».

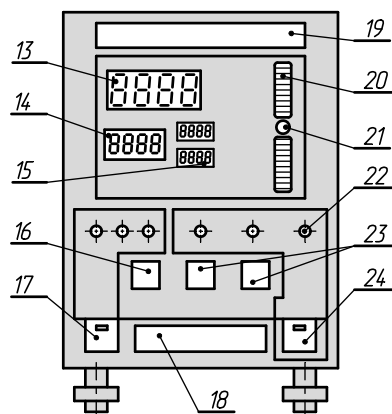


Рисунок 2.2.5.1.2 – Передняя панель блока индикации.

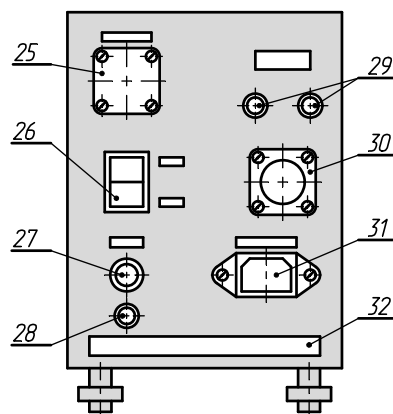


Рисунок 2.2.5.1.3 – Задняя панель блока индикации.

Задняя панель блока индикации содержит следующие элементы (рисунок 2.2.5.1.3):

- Вилка подключения шнура «КП-1» сетевого питания «~220 В, 50 Гц», совмещенная с входным фильтром сетевого питания (позиция 31).
- Клавишный выключатель СЕТЬ (позиция 26). В состоянии «Включено» загорается подсветка клавиши.
- Сетевой предохранитель 0,5 А (позиция 27).

- Клемма ЗЕМЛЯ для заземления блока (позиция **28**).
- Разъем ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ГОЛОВКА (позиция **30**) для подключения кабеля связи «КС-1.31», соединяющего блок индикации с измерительной головкой.
- Клеммы ВЫХОД (позиция **29**) на которые подается сигнал «Превышение допуска» в виде замыкания клемм контактами реле, расположенного в блоке индикации.
- Разъем СВЯЗЬ (позиция **25**) для подключения к измерителю внешних цифровых устройств и технологического оборудования. В типовом варианте поставки разъем не используется и закрыт заглушкой.

Маркировка блока нанесена на поле **32**. Маркировка содержит название «Блок индикации «Цикада-БИ-2.62Д» и его заводской номер. Первые две цифры номера обозначают год выпуска блока, три последующие цифры- порядковый номер блока.

2.2.5.2 Режим «Настройка» блока индикации

Режим имеет вспомогательное значение и используется для программной установки изменяемых функций блока. При эксплуатации режим «Настройка» включается в случае, если потребителя не устраивают установки изменяемых функций блока, введенные на предприятии-изготовителе.

К функциям, значения которых можно менять в режиме «Настройка», относятся:

- Логика срабатывания реле, формирующего сигнал «Превышение допуска».
- Логика включения звукового сигнала «Превышение допуска».

Вход в режим «Настройка» и особенности работы

Перед включением режима «Настройка» блок индикации должен находиться в режиме «Измерение».

Для входа в режим «Настройка» следует нажать кнопку НАСТРОЙКА и не отпуская ее, кнопку УСТАНОВКА. После отпускания кнопок загорится светодиод НАСТРОЙКА, сигнализирующий о включении режима.

Одновременно, на основном цифровом индикаторе ДИАМЕТР ФАКТИЧЕСКИЙ появится сообщение P1. , обозначающее включение первого дополнительного режима: установка логики срабатывания первого реле «Превышение допуска».

Два первых знака на индикаторе обозначают название дополнительного режима, а два последующих знака – это переменные

(изменяемые) параметры режима, указывающие в данном случае установленную логику срабатывания реле 1.

Всего возможны четыре дополнительных режима настройки, имеющие следующие обозначения на индикаторе:

P1. – установка логики срабатывания первого реле.

P2. – установка логики срабатывания второго реле. Если блок индикации поставляется с одним реле (типовой вариант поставки), то режим P2 не используется, а введенные установки в этом режиме не влияют на работу блока.

3b. – установка логики включения встроенного звукового сигнала.

Названные дополнительные режимы переключаются последовательно по кругу кнопкой УСТАНОВКА, после входа блока в режим «Настройка».

Находясь внутри одного из указанных режимов, возможно изменение переменных параметров этого режима любой из кнопок БОЛЬШЕ и МЕНЬШЕ.

Общий выход из режима «Настройка» осуществляется на любом этапе работы путем нажатия кнопки ИЗМЕРЕНИЕ. При этом блок переходит в основной режим «Измерение» среднего диаметра.

Установка логики срабатывания реле

Установка производится в дополнительных режимах **P1.** и **P2.**

Возможные варианты установки логики срабатывания первого реле и их обозначение на индикаторе:

P1. – реле включается при выходе диаметра за верхний допуск.

P1. – реле включается при выходе диаметра за нижний допуск.

P1.= – реле включается как при выходе за любой из допусков.

P1. – реле выключено всегда независимо от соотношения диаметров.

Переключение названных вариантов установки выполняется последовательно, по кругу кнопками БОЛЬШЕ или МЕНЬШЕ, нажатием любой из этих кнопок.

Аналогично устанавливаются параметры срабатывания второго реле P2.

После установки требуемого варианта, выход из режима и переход к следующему режиму осуществляется нажатием кнопки УСТАНОВКА.

Установка логики включения звукового сигнала

Включение звукового сигнала блока происходит при выходе измеренного диаметра за установленные допуски. При этом логика включения звукового сигнала аналогична логике включения реле Р1.

☐ 3b. ☐ – сигнал включается при выходе за верхний допуск.

☐ 3b. ☐ – сигнал включается при выходе за нижний допуск.

☐ 3b. ☐ – сигнал включается при выходе диаметра за любой из допусков.

☐ 3b. ☐ – звуковая сигнализация выключена.

Переключение вариантов и выход из режима выполняется аналогично установке логики срабатывания реле.

2.3 Порядок установки и подготовки прибора к измерению

Комплект измерителя допускает установку на экструзионных линиях наложения изоляции кабельных изделий, на агрегатах непрерывной вулканизации (АНВ), на участках перемотки и контроля кабеля и элементов его конструкции на крутильных машинах, на линиях волочения, эмалирования и других технологических установках кабельного производства, в том числе на производстве оптических кабелей.

2.3.1 Выбор места установки блоков измерителя

Место установки блоков измерителя определяется решаемой технологической задачей контроля, компоновкой технологической линии или участка, где предполагается использование измерителя, а также комплектом поставки измерителя: минимальный комплект (без блока индикации), типовой комплект или расширенный, с дополнительными блоками и узлами.

Наиболее распространенный вариант использования измерителя – контроль диаметра изолированной токоведущей жилы кабеля при наложении изоляции на экструзионной линии. В этом случае измерительная головка устанавливается в конце линии, за охлаждающей ванной, а блок индикации располагается в начале линии, на рабочем месте оператора.

Измерительная головка. При выборе места установки измерительной головки необходимо учитывать следующие требования:

Измерительная головка устанавливается на технологической линии в зоне, где кабель движется горизонтально, отсутствует вибрация кабеля и его поперечные перемещения. Предпочтительное место установки измерительной головки на экструзионной линии- за охлаждающей ванной.

Брызги от вращающихся влажных роликов технологической линии не должны попадать на корпус измерительной головки.

Измеряемый кабель должен быть чистым и не содержать на поверхности капель влаги или сплошной пленки воды, для исключения дополнительных погрешностей измерения диаметра.

Если в технологической линии установлены высоковольтные испытания изоляции «на проход», то измерительная головка должна располагаться не ближе одного метра от высоковольтного испытателя.

Для удобства обслуживания, измерительная головка должна быть обращена лицевой стороной к технологическому проходу линии. Оборудование, расположенное рядом с головкой, не должно мешать опрокидыванию головки назад на поворотном узле «ПГ-1.20».

К месту установки измерительной головки должна быть подведена розетка промышленной сети ~220 В. Нежелательно совместное питание измерителя и высоковольтных испытателей от одной и той же фазы промышленной сети.

Если пол цеха не металлический, то перед установкой измерительной головки следует подготовить на полу монтажную площадку под стойку «СТ-1.30». Площадка должна представлять собой металлическую плиту, толщиной не менее 5 мм, надежно заделанную в полу цеха. Площадка должна быть соединена электрически с цеховым заземлением.

Блок индикации устанавливается с соблюдением следующих требований:

На месте установки блока оператор должен иметь свободный доступ к органам управления блока и свободно наблюдать показания индикаторов.

Предпочтительное место установки блока на экструзионной линии – на переднюю панель шкафа управления линией, перед рабочим местом оператора. Возможна установка блока на горизонтальную полку рядом со шкафом управления.

К месту установки блока подводится розетка сетевого питания ~220В и цеховое заземление.

Порядок установки и подключения

Извлечь блоки измерителя из упаковки, проверить комплектность, отсутствие внешних повреждений, отсутствие загрязнения и остатков

упаковки на защитных стеклах измерительной головки, свободный ход кнопок и переключателей блоков, целостность изоляции соединительных кабелей.

Установка измерительной головки

Собрать основную стойку «СТ-1.30», соединив винтами М6 фланец трубчатой направляющей стойки с плитой основания. Порядок сборки показан в приложении Г.

Установить и закрепить стойку «СТ-1.30» на технологической линии на монтажную площадку, подготовленную в соответствии с пунктами 6.1.7, Плита основания стойки одевается своими отверстиями на анкерные болты и фиксируется гайками М10 с двух сторон, не затягивая гайки окончательно.

Укрепить винтами М5 трубчатый держатель на заднюю панель измерительной головки.

Пропустить трубу держателя в отверстия хомутов поворотного узла «ПГ-1.20» и затянуть стяжные винты хомутов.

Установить поворотный узел «ПГ-1.20» вместе с измерительной головкой на стойку «СТ-1.30». Крепление поворотного узла на стойке выполняется снизу сквозь отверстия в монтажной площадке выдвижной штанги, четырьмя винтами М6 комплекта.

После установки измерительной головки поверить свободу поворота головки в рабочее и нерабочее положения и надежность ее фиксирования в откинутом назад нерабочем положении.

Подключение измерительной головки

Разметить в цехе место прокладки соединительных кабелей головки. При необходимости удлинить кабели, учитывая рекомендации, указанные на схеме приложения А.

При удлинении кабеля «КС-1.31» не перепутать полярность соединения контактов разъемов на концах кабеля и проверить правильность соединения контактов после удлинения кабеля.

Подключить к измерительной головке следующие соединительные кабели, входящие в комплект поставки:

- Кабель «КС-1.31» для связи с блоком индикации.
- Кабель сетевого питания «КП-1».

Подключение производится в соответствии с электрической схемой измерителя (Приложение А).

Пропустить кабели головки через отверстия, предусмотренные на хомуте поворотного узла, зафиксировать кабели в отверстиях стопорным винтом и укрепить кабели стяжкой на трубе стойки «СТ-1.30». Предусмотреть свободный изгиб кабелей для поворота головки в нерабочее положение.

Проложить кабели измерительной головки. При прокладке кабелей руководствоваться следующим:

- Нежелательна прокладка кабеля связи «КС-1.13» рядом с силовыми кабелями другого оборудования.
- Запрещена прокладка кабелей измерителя на полу цеха без защиты их от механических повреждений.
- Провод заземления блока индикации должен подключаться к контуру заземления по возможности ближе к заземляемому блоку.

Установка блока индикации

Блок индикации устанавливается на горизонтальную поверхность. При установке блока на горизонтальную поверхность блок крепится снизу гайками М6 за шпильки основания, проходящие сквозь отверстия в монтажной поверхности.

Подключение блока индикации

После установки блока индикации производится его подключение.

- Кабель связи с измерительной головкой «КС-1.31» подключается к разъему ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ГОЛОВКА блока.
- Шнур сетевого питания «КП-1» включается в вилку ~220 В 50 Гц на задней панели блока.
- На клемму ЗЕМЛЯ подключается заземляющий проводник.
- Если в комплект входит сигнальное устройство «Вызов», то кабель связи сигнального устройства подключается к клеммам ВЫХОД блока.

2.3.1.1 Регулировка положения измерительной головки

При регулировке положения измерительной головки необходимо обеспечить совпадение центра рабочей зоны головки с осью измеряемого кабеля. Центр рабочей зоны находится на пересечении измерительных осей, обозначенных линиями на боковых панелях измерительной головки. Допускаемое несовпадение центров по высоте и в горизонтальной плоскости составляет (2...3) мм.

Порядок регулировки

Протянуть измеряемый кабель на технологической линии и обеспечить его рабочее положение и рабочее натяжение. Кабель должен быть неподвижен.

Отрегулировать положение головки по горизонтали, перемещая головку вперед-назад вместе с трубчатым держателем в отверстиях хомутов поворотного узла «ПГ-1.20». При регулировке следить за тем, чтобы боковые плоскости головки оставались вертикальными. Выбранное положение фиксируется затяжкой винтов на хомутах поворотного узла.

Отрегулировать грубо высоту установки измерительной головки. Регулировка осуществляется подъемом или опусканием измерительной головки вместе с выдвижной штангой стойки «СТ-1.30». В выбранном положении штанга затягивается хомутом на направляющей трубе стойки. При затяжке хомута проверить положение головки относительно измеряемого кабеля (боковые плоскости головки должны быть перпендикулярны оси кабеля). При необходимости повернуть выдвижную штангу вокруг оси стойки, не изменяя высоту установки измерительной головки.

Выполнить точную регулировку головки по высоте. Регулировка производится регулировочным винтом-упором поворотного узла «ПГ-1.20». После регулировки винт фиксируется контргайкой.

Опрокидывая измерительную головку из рабочего положения в нерабочее убедиться в том, что при ее перемещениях измеряемый кабель не касается защитного полукольца на боковых панелях и элементов конструкции головки. Головка должна надежно фиксироваться в откинутом нерабочем положении.

2.3.2 ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Проверка работоспособности измерителя проводится в следующих случаях:

- После установки измерителя на месте постоянной эксплуатации.
- После проведения ремонтных или профилактических работ, связанных с заменой деталей и узлов измерителя.
- После перерыва в работе более трех месяцев.
- Перед периодической калибровкой измерителя.

Проверку следует проводить при работе технологической линии в номинальном режиме и движении измеряемого кабеля с рабочей скоростью, чтобы при необходимости выполнить дополнительную регулировку положения измерительной головки.

Порядок проверки

Опустить измерительную головку в рабочее положение, если перед проверкой она находилась в откинутом назад нерабочем положении.

Включить питание блока индикации клавишным выключателем СЕТЬ на задней панели блока. Должны загореться цифровые индикаторы блока.

На индикаторе ДИАМЕТР ФАКТИЧЕСКИЙ блока индикации должны загореться мигающие точки, сигнализирующие о том, что на блок не поступают данные от измерительной головки (головка выключена).

Включить питание головки выключателем СЕТЬ на задней панели измерительной головки. На цифровом индикаторе ДИАМЕТР измерительной головки и на основном индикаторе блока индикации появится значение диаметра кабеля, проходящего через рабочую зону головки.

Индикация диаметра должна быть стабильной, без «дребезга» в младших разрядах, а численное значение диаметра на индикаторах головки и блока индикации должны совпадать и быть близким к фактическому диаметру кабеля.

После проверки выключить питание блоков и перевести измерительную головку в нерабочее положение.

2.3.3 Порядок измерения диаметра кабеля

2.3.3.1 Начало работы и режим «Измерение»

Включение измерителя диаметра и установку его параметров следует проводить до запуска технологического оборудования, (например, экструзионной линии), где используется измеритель. В этом случае облегчается процесс запуска оборудования, т.к. появляется возможность с помощью измерителя оперативно контролировать начало технологического процесса.

Порядок включения

Опустить измерительную головку в рабочее положение, если перед включением она была выведена из зоны движения кабеля.

Включить выключателями СЕТЬ питание измерительной головки и блока индикации.

Измеритель готов к работе. Цифровые индикаторы ДИАМЕТР измерительной головки и выносного блока после включения начнут показывать средний диаметр кабеля, расположенного в рабочей зоне головки.

Для измерения овальности кабеля следует однократно нажать клавишу ИЗМЕРЕНИЕ блока индикации. На индикатор ДИАМЕТР ФАКТИЧЕСКИЙ блока индикации будет выведена овальность контролируемого кабеля. Повторное нажатие клавиши ИЗМЕРЕНИЕ переведет блок обратно в режим индикации среднего диаметра.

2.3.3.2 Допусковый контроль диаметра

Непрерывный допусковый контроль диаметра используется для облегчения работы оператора технологической линии. В этом случае оператору нет необходимости постоянно следить за величиной

диаметра изготавливаемого кабеля и сравнивать его цифровое значение с допустимыми величинами.

В режиме допускового контроля на линейной шкале блока индикации отображается условно отклонение фактического среднего диаметра от установленного номинального значения.

При выходе диаметра за допуск включается сигнализация на панели блока индикации, (мигающий режим светодиодной шкалы), включается звуковая сигнализация в блоке индикации, а также включается внешняя световая и звуковая сигнализация, если внешнее сигнальное устройство входит в комплект измерителя.

Для работы в режиме допускового контроля оператор должен установить на блоке индикации номинальный диаметр кабеля и его верхнее и нижнее допустимые значения. Установка этих значений производится в соответствии с технологической картой или техническими условиями на изготавливаемый кабель.

Порядок установки допустимых значений

В режиме «Измерение» нажать на 0,5-1 секунды кнопку УСТАНОВКА на блоке индикации. Включится режим «Установка», подтверждением которого будет короткий звуковой сигнал. Погаснет подсветка клавиши ИЗМЕРЕНИЕ и загорится подсветка клавиши УСТАНОВКА.

Одновременно, загорится светодиод НОМИНАЛ, а вспомогательный цифровой индикатор ДИАМЕТР НОМИНАЛ перейдет в мигающий режим. Это означает возможность установить на блоке индикации номинальный диаметр изготавливаемого кабеля.

Нажимая кнопки БОЛЬШЕ и МЕНЬШЕ выставить в миллиметрах на мигающем индикаторе ДИАМЕТР НОМИНАЛ **номинальный диаметр** кабеля, указанный в его технологической карте. При коротком нажатии одной из этих кнопок диаметр изменяется на единицу младшего разряда индикатора (0,01 мм). При длительном нажатии диаметр изменяется (увеличивается или уменьшается) с нарастающей скоростью.

После установки номинального диаметра коротко нажать кнопку УСТАНОВКА. Режим установки номинального диаметра выключится, а в мигающий режим перейдет другой вспомогательный индикатор ДИАМЕТР МАКСИМ. Необходимо выставить кнопками БОЛЬШЕ и МЕНЬШЕ **максимально допустимый диаметр** кабеля на индикаторе ДИАМЕТР МАКСИМ.

Вновь нажать кнопку **УСТАНОВКА**, перейти в режим установки минимального диаметра и выставить **минимальный диаметр** на индикаторе **ДИАМЕТР МИНИМ**.

Выход из режима «Установка» и переход в режим «Измерение» выполняется коротким нажатием кнопки **ИЗМЕРЕНИЕ**. Погаснет подсветка клавиши **УСТАНОВКА** и загорится подсветка клавиши **ИЗМЕРЕНИЕ**, что означает переключение блока в основной режим работы.

Переключение режимов «Установка» и «Измерение» возможно на любом этапе работы. При этом основной индикатор **ДИАМЕТР ФАКТИЧЕСКИЙ** не меняет свой режим работы и всегда показывает измеренный средний диаметр кабеля, расположенного в рабочей зоне головки.

Если при установке допусков оператором совершена ошибка, например, номинальный диаметр оказался установлен больше максимально допустимого, то на линейной шкале блока индикации один из светодиодов включится в мигающий режим, говорящий об ошибке и невозможности проведения допускового контроля. В этом случае требуется повторная правильная установка допусков.

Работа в режиме допускового контроля

Допусковый контроль диаметра осуществляется автоматически, в режиме «Измерение», если перед началом работы установлены правильно допустимые диаметры кабеля.

При допусковом контроле на линейной шкале блока индикации отображается величина и направление отклонения фактического среднего диаметра кабеля от номинального значения. Направление отклонения показывают зажигающиеся светодиоды верхней либо нижней половины шкалы, а величину указывает количество зажженных светодиодов.

При выходе фактического диаметра за один из допусков включается в мигающий режим соответствующая половина светодиодной шкалы, а также включается звуковая сигнализация блока индикации. Кроме того, формируется электрический сигнал «Превышение допуска», поступающий на внешние устройства.

2.3.3.3 Окончание работы

Выключение измерителя по окончании работы производится в любом порядке выключателями **СЕТЬ** на блоке индикации и измерительной головки.

После выключения измерительную головку следует вывести из зоны движения кабеля опрокинув ее на поворотном узле вверх в нерабочее положение.

Установки и настройки, введенные при работе измерителя, длительно сохраняются после выключения питания, поэтому их повторный ввод при новом включении измерителя не требуется.

2.4 МЕТОДИКА КАЛИБРОВКИ ИЗМЕРИТЕЛЯ «ЦИКАДА-2.7»

Калибровка представляет собой метрологическую операцию, предназначенную для определения погрешностей измерителя, в данном случае измерителя диаметра «Цикада-2.7», и для принятия решения о пригодности измерителя к дальнейшей эксплуатации.

В процессе калибровки, при необходимости, проводится корректировка (уменьшение) погрешностей и повторная оценка величины остаточной погрешности.

Для измерителей «Цикада-2.7» калибровка выполняется периодически, не реже одного раза в год, а также вне очереди, например, после ремонта измерителя, после смены места установки, при выявлении явных погрешностей в процессе эксплуатации.

2.4.1 Область применения

Настоящая методика распространяется на измерители диаметра кабеля «Цикада-2.7», далее «измерители» и устанавливает методы и средства их первичной и периодической калибровки.

Межкалибровочный интервал измерителя – не более одного года.

Нормативные ссылки

В настоящей методике использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ПР 50.2.016-94 ГСИ. Требования к выполнению калибровочных работ.

ГОСТ 12177-79 Кабели, провода и шнуры. Методы проверки конструктивных размеров.

2.4.2 Операции и средства калибровки

При проведении первичной и периодической калибровки выполняют операции и применяют средства калибровки, указанные в таблице 2.4.2.1.

Таблица 2.4.2 .1 – Порядок проведения калибровки

Наименование операции	Номер пункта методики	Наименование средства калибровки, их метрологические и основные технические характеристики
Внешний осмотр и опробование	13.8	–
Определение погрешности измерения диаметра	13.9	Набор калибров «НКЦ-2» (4 шт.) . Диаметры калибров (мм): 2,0; 5,0; 10,0; ± 0.5 мм.
Корректировка погрешности измерения диаметра	10.3	Некруглость калибров не более ± 5 мкм. Погрешность аттестации не более ± 3 мкм.

Допускается применять другие средства калибровки, обеспечивающие определение погрешности измерения диаметра с требуемой точностью.

2.4.3 Условия калибровки и подготовка к калибровке.

При проведении калибровки соблюдают следующие условия:

- Температура окружающего воздуха..... $(20 \pm 5)^\circ \text{C}$.
- Относительная влажность воздуха не более...80 % при 20°C .
- Электропитание измерителя от сети переменного тока частотой (50 ± 1) Гц, напряжением (220 ± 22) В.

Калибровка измерителя проводится в лаборатории метрологической службы предприятия-изготовителя (первичная калибровка) и в лаборатории метрологической службы предприятия-потребителя (периодическая калибровка).

Допускается проведение периодической калибровки измерителя на месте его постоянной эксплуатации, без снятия с технологической линии. Оборудование технологической линии должно быть выключено на время проведения калибровки.

2.4.4 Определение метрологических характеристик

Метрологические характеристики измерителя определяют в процессе измерения им диаметра круглых калибров, имеющих аттестованное значение диаметра. Измерения производят для четырех калибров с различными диаметрами, входящих в комплект «НКЦ-2».

Погрешность измерения рассчитывают как разность между показаниями измерителя и аттестованным значением диаметра калибра.

Порядок выполнения работ

- Включить питание измерительной головки и блока индикации выключателями СЕТЬ, расположенными на задних панелях головки и блока индикации.
- Установить в рабочую зону измерительной головки платформу для крепления калибров, входящую в комплект калибров «НКЦ-2». Платформа крепится двумя невыпадающими винтами М4 в резьбовые отверстия, выполненные на боковой панели измерительной головки.
- Занести в таблицу 4 аттестованное значение диаметра калибра №1 (калибра с минимальным диаметром) Это значение нанесено на маркировочной ленте калибра.
- Установить в отверстие платформы калибр № 1.
- Прочитать на цифровых индикаторах ДИАМЕТР измерительной головки и блока индикации измеренное значение среднего диаметра калибра №1 и занести данные в таблицу 4.
- Извлечь калибр № 1 из отверстия платформы и уложить его в коробку.
- Повторить вышеописанные действия с калибрами № 2, № 3 входящими в комплект «НКЦ-2».
- По окончании измерений выключить питание измерительной головки и блока индикации выключателями СЕТЬ.
- Рассчитать по формуле (1) абсолютную погрешность измерения диаметра Δ_D (мм) для каждого из трёх калибров. Данные для расчета взять из таблицы 4.
- $\Delta_D = D_A - D_{И}$ (1)
- где: D_A – аттестованный диаметр калибра, мм;
- $D_{И}$ – показания измерителя, мм.
- При расчете погрешности Δ_D обязательно указывается знак погрешности. Результаты расчета занести в таблицу 4.

2.4.5 Оценка и оформление результатов калибровки

Результаты калибровки считают положительными если значения Δ_D из таблицы 4 не превышают ± 20 мкм.

При отрицательных результатах калибровки проводят корректировку погрешностей по методике, указанной в пункте 2.5 настоящего руководства, а затем повторяют определение метрологических характеристик и оценку результатов.

Если в результате корректировки погрешностей выясняется, что невозможно достичь положительного результата калибровки, измеритель к дальнейшей эксплуатации не допускается, вплоть до обнаружения и устранения неисправности.

Оформление результатов калибровки

По положительным результатам калибровки выписывают сертификат о калибровке, в который вносят значения погрешностей Δb из таблицы 4 для трёх значений диаметров применявшихся калибров. Сертификат подписывает уполномоченный представитель подразделения, проводящего калибровку измерителя.

В паспорте измерителя делается отметка о проведении калибровки и дата калибровки.

Оттиск штампа ОТК или штампа подразделения, проводившего калибровку, наносят в сертификат о калибровке и в паспорт измерителя.

2.5 Корректировка погрешностей измерения диаметра

Причины появления погрешностей измерения.

В бесконтактных измерителях «Цикада» возможно медленное самопроизвольное изменение погрешности измерения диаметра в процессе эксплуатации прибора. Причинами изменений является:

- Старение электронных элементов схемы и связанное с этим изменение их электрических параметров. Особенно чувствительны аналоговые элементы: фотоприемник, полупроводниковый лазер, усилители, элементы схемы источника питания.
- Медленное изменение геометрии силового каркаса из-за «рассасывания» в нем остаточных механических напряжений, возникших при изготовлении и сборке.
- Равномерное загрязнение элементов оптики из-за неизбежного проникновения в прибор пыли и влаги из окружающей среды.

Для контроля метрологических параметров измерителя и устранения погрешностей измерения предусмотрена его калибровка, которая проводится после изготовления на предприятии-изготовителе (первичная калибровка) и периодически, во время эксплуатации на предприятии-потребителе (периодическая калибровка).

Принцип корректировки погрешностей поясняет рисунок 2.5.1. На рисунке изображен аналоговый видеосигнал тени кабеля, снимаемый

с фотоприемника. В соответствии с принципом действия измерителя аналоговый сигнал тени, имеющий трапецеидальную форму, поступает с фотоприемника на компаратор, расположенный на плате фотоприемника и преобразуется компаратором в нормированный прямоугольный импульс. Длительность импульса T переводится далее микроконтроллером в значение диаметра.

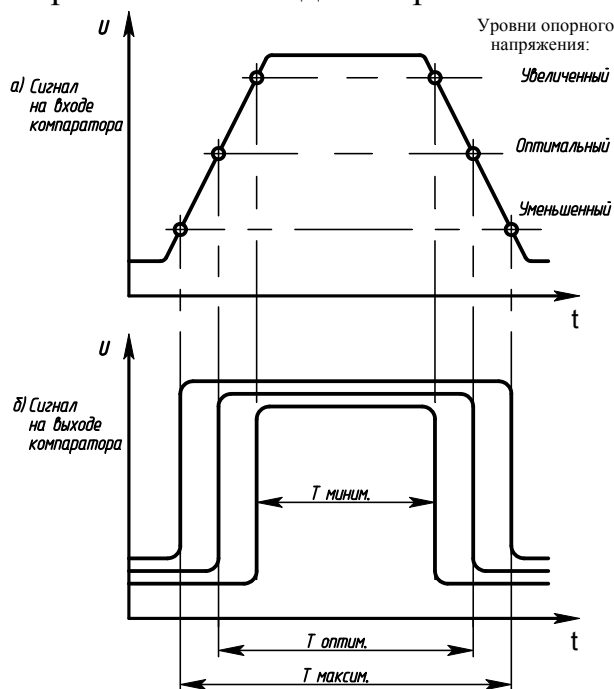


Рисунок 2.5.1 – Принцип корректировки погрешности измерения.

Изменяя в небольших пределах уровень опорного напряжения компаратора можно изменять длительность T его выходного импульса и, следовательно, значение измеренного диаметра. Изменение опорного напряжения осуществляется подстроечным резистором, расположенным на плате фотоприемника. Повышение опорного напряжения уменьшает значение диаметра, а уменьшение напряжения увеличивает.

В процессе корректировки погрешностей в рабочую зону измерительной головки последовательно устанавливаются круглые калибры с заранее известным (аттестованным) значением диаметра. Если погрешность измерения диаметра превышает допустимое значение хотя бы для одного из калибров, то проводят корректировку погрешности. Вращая движок подстроечного резистора, изменяют опорное напряжение компаратора так, чтобы значение на цифровом индикаторе ДИАМЕТР измерительной головки совпало с аттестованным значением диаметра измеряемого калибра.

Необходимо помнить, что изменение опорного напряжения приведет к изменению погрешностей одновременно для всех калибров, но на различную величину. Поэтому, после коррекции погрешностей для одного из калибров, следует проверить величину погрешностей для остальных калибров.

2.5.1 Порядок корректировки погрешностей

- При корректировке вскрывается крышка работающей измерительной головки и открывается доступ к электронным элементам, в том числе, находящимся под опасным напряжением ~ 220 В. В связи с этим, при корректировке запрещено прикасаться к электронным элементам схемы, кроме регулировочных резисторов.

Подготовка к работе

- Корректировка погрешностей измерителя проводится в лаборатории метрологической службы, при этом работы выполняются только с измерительной головкой, снятой с технологической линии. Блок индикации измерителя остается на прежнем месте и не используется в работе.

- Допускается проводить корректировку без снятия измерительной головки с технологической линии. В этом случае линия должна быть выключена на время проведения работ, а вокруг измерительной головки должно быть освобождено пространство для установки калибров и доступа к регулировочным резисторам.

- При подготовке к работе снимается верхний кожух измерительной головки (левая, если смотреть на головку спереди) и отыскиваются на платах фотоприемников регулировочные резисторы. Расположение резисторов показано на рисунке 2.5.1.1. Для работы подбирается отвертка с тонким лезвием, свободно входящим в шлицы регулировочных резисторов.

- В монтажные отверстия М4 на боковой панели головки устанавливается как показано на рисунке 2.5.1.1 и закрепляется невыпадающими винтами платформа калибров из набора «НКЦ-2».

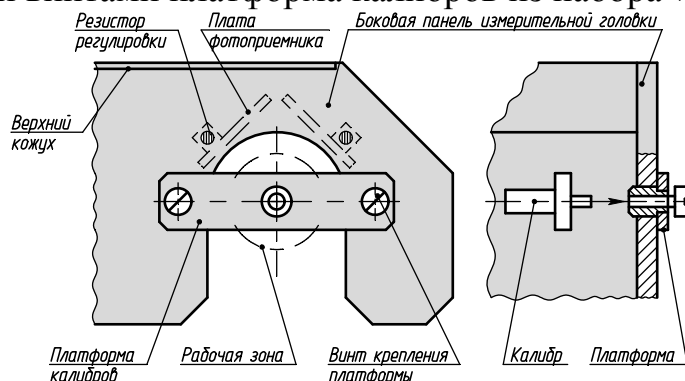


Рис. 2.5.1.1 – Установка калибра в рабочую зону.

Порядок работы

- Включить питание измерительной головки клавишем СЕТЬ. Индикатор ДИАМЕТР должен показать «0.00» мм.
- Установить в отверстие платформы калибр № 1 с минимальным диаметром из набора калибров «НКЦ-2». Индикатор ДИАМЕТР покажет измеренный средний диаметр калибра.
- Сравнить показания индикатора ДИАМЕТР с аттестованным значением диаметра калибра, указанным в сертификате калибра и на маркировочной ленте, укрепленной на калибре.

Если погрешность измерения не превышает допустимую величину, указанную в п. 2.2.2 настоящей документации, то калибр № 1 вынимается из платформы, и на его место устанавливаются поочередно калибры № 2, № 3. Для каждого из них аналогично определяется погрешность измерения.

Если погрешность измерения превышает допустимую величину, то проводится её корректировка. Для этого:

- Выясняется, в каком из каналов измерения (или в обоих каналах) погрешность больше допустимой. Это делается следующим образом:

На передней панели головки нажимается кнопка КАНАЛ 1. Индикатор ДИАМЕТР покажет значение диаметра калибра, измеренное первым каналом, то-есть относительно первой измерительной оси. Сравнив это значение с аттестованным диаметром калибра, находится погрешность измерения.

Аналогично, после нажатия кнопки КАНАЛ 2, находится погрешность второго канала.

- Для канала, в котором погрешность превышает допуск, выполняют коррекцию погрешности. При коррекции медленно поворачивают движок регулировочного резистора, находящегося на плате фотоприемника. Одновременно, наблюдают на индикаторе ДИАМЕТР изменение показаний. Кнопка включения индикации корректируемого канала должна быть постоянно нажата.

Направление вращения движка потенциометра должно быть таким, чтобы показания индикатора ДИАМЕТР изменяясь приближались и наконец стали равными аттестованному значению диаметра калибра.

- После окончания регулировки кнопка включения индикации канала отпускается и проверяется погрешность измерения среднего диаметра. При необходимости, аналогично проводится корректировка погрешности другого канала, используя один и тот - же калибр.

- После корректировки погрешности по одному из калибров обязательно проверяется погрешность для других оставшихся калибров. Если погрешность изменилась и вышла за допуск, то операцию корректировки повторяют и для другого калибра, до тех пор, пока по всем калибрам не будет достигнута требуемая величина погрешности измерения.
- По окончании корректировки выключают питание головки, фиксируют каплей нитрокраски движок (или движки) резисторов, подвергнутых регулировке, устанавливают на прежнее место верхний кожух головки и пломбируют кожух бумажной наклейкой.

2.6 Контрольные вопросы.

- 2.6.1 На каких этапах процесса производства кабельных изделий, необходим непрерывный контроль диаметра? Какие цели преследуются при контроле внешнего диаметра кабельных изделий?
- 2.6.2 Какими свойствами должен обладать современный прибор для технологического контроля диаметра кабельных изделий непосредственно в процессе производства?
- 2.6.3 Почему в кабельной технике не применимы контактные методы технологического контроля геометрических размеров изделий, в частности диаметра?
- 2.6.4 Какие бесконтактные методы технологического контроля диаметра кабельных изделий вы знаете?
- 2.6.5 Какие факторы при производстве кабельных изделий влияют на погрешность измерения диаметра оптическими методами? Каким образом можно минимизировать их влияние на точность измерения?
- 2.6.6 Какой из оптических методов измерения диаметра применяется в измерительной головке «Цикада 2.72»?
- 2.6.7 Какие геометрические параметры кабельного изделия можно контролировать при помощи измерительного комплекта «Цикада 2.7»?
- 2.6.8 В каком виде в измерительной кабельной технике представляется овальность измеряемого изделия?
- 2.6.9 Какие сигналы предусмотрены в измерительном комплекте «Цикада 2.7» для возможности встраивания измерителя в АСУТП кабельной линии?
- 2.6.10 Что такое допусковой контроль диаметра и как он реализован в измерительном комплекте «Цикада 2.7»?
- 2.6.11 Поясните принцип корректировки погрешности измерительной головки «Цикада 2.72»?

2.7 Методические указания к выполнению работы.

2.7.1 Изучить состав, конструкцию и ознакомиться с назначением и характеристиками измерительного комплекта «Цикада-2.7» (п. 2.2). Определить какой из оптических методов измерения диаметра кабеля описанных в п. 2.1.3 используется в данном приборе.

2.7.2 Проверить работоспособность измерительного комплекта «Цикада 2.7» в соответствии с п. 2.3.2.

2.7.3 Ознакомиться с режимами работы измерительной головки «Цикада 2.72» и блока индикации «БИ 2.62» описанными в п. 2.3.3.

2.7.4 Используя стандартный набор аттестованных калибров «НКЦ-2», произвести калибровку измерителя диаметра в соответствии с п. 2.4 данного руководства. Оценить результаты калибровки и если они не удовлетворительны, провести корректировку погрешности измерителя в соответствии с п. 2.5.

2.7.5 При помощи калибра имеющего овальное сечение установить в каких направлениях измерения прибор достоверно измеряет овальность объекта. Для этого микрометром замерить размер калибра в двух сечениях (вдоль малой и вдоль большой оси), и снять зависимость показаний овальности от угла поворота калибра калибродержателе с шагом в 10° .

2.7.6 Снять платформу калибродержателя с измерительной головки. При помощи калибра наименьшего диаметра входящего в набор «НКЦ-2» определить, как изменится погрешность показаний прибора при измерениях статичного и движущегося объекта. Для этого необходимо рукой осторожно перемещать калибр в зоне измерения, одновременно наблюдая за показаниями прибора.

2.7.7 Установить измерительный прибор на демонстрационный стенд в соответствии с п. 3.3.1.

2.7.8 При помощи микрометра промерить диаметр петли установленной на демонстрационном стенде по всей её длине в нескольких разных сечениях (не менее 20 измерений). По результатам измерений вычислить среднее значение диаметра петли с точностью до 0.01 мм. Запустить стенд, опустить измерительную головку в рабочее положение, снять показания измеренные головкой на трёх разных скоростях от 50 до 350 м/мин (показания скорости снимать с электронного счетчика длины и скорости «Дельта 2.43»). Сравнить измерения, произведённые при помощи микрометра и бесконтактной измерительной головки.

2.7.9 Выставить на блоке индикации номинальный диаметр измеряемого изделия так, чтобы он был равен диаметру петли демонстрационного стенда, измеренному в предыдущем пункте. Максимальный и минимальный допуск выставить соответственно на

200 мкм больше и меньше номинала. Проверить логику срабатывания реле и подачи звукового сигнала блока индикации «БИ 2.62» и выставить её таким образом, чтобы подача звукового сигнала и замыкание реле происходило при выходе измеряемого диаметра за любой из допусков. Включить стенд и произвести допусковой контроль диаметра.

2.7.10 При помощи клейкой ленты смоделировать локальное утолщение петли. Снова включить стенд и провести допусковой контроль диаметра. Проверить реакцию прибора на выход измеряемого диаметра за верхний допуск. Определить минимальную длину локального утолщения, которую может регистрировать прибор при скорости движения кабеля 60 м/мин.

2.8 Требования к содержанию отчета.

3.10.1 Название и цель работы.

3.10.2 Необходимые графики и зависимости.

3.10.3 Вычисления и расчёты.

3.10.4 Анализ полученных результатов, основные выводы по работе.

3. Измерители длины и скорости протяжённых изделий.

Цель работы

Ознакомится с методами и аппаратурой для измерения длины и скорости протяжённых изделий в процессе производства. Получить навыки работы с использованием реального измерителя длины и скорости. Научится поверять измерители длины протяжённых изделий

Программа работы

1. Изучить состав, конструкцию и ознакомиться с назначением и характеристиками измерительного комплекта «Дельта 2.4».
2. Ознакомиться с режимами работы электронного счётчика «Дельта 2.43».
3. Провести поверку прибора прибора.
4. Выявить и оценить факторы, влияющие на погрешность измерения длины и скорости.
5. Снять зависимость погрешности измерения от скорости движения измеряемого объекта.
6. Оформить отчет.

3.1 Классификация измерителей длины и скорости.

В процессе изготовления стальных канатов, прядей, проводов и проволоки требуется измерять длину соответствующих изделий. На предприятиях торговли и предприятиях-потребителях продукции измерения применяются на участках приемки и контрольной перемотки канатов, тросов и проволоки, а так же на участках отпуска готовой продукции покупателям.

В зависимости от вида преобразователя, устанавливаемого на линии движения, измерители длины можно разбить на два больших класса: электромеханические измерители длины (контактные) и фото импульсные измерители длины (бесконтактные). Кроме того, к бесконтактным измерителям длины относятся приборы с магнитными и тепловыми метками, а также приборы, основанные на эффекте Доплера.

Косвенные методы измерения длины преобразуют скорость движения изделия в длину путем ее интегрирования по времени. Фото импульсные измеряют время, за которое передний или задний концы изделия пройдут некоторое базовое расстояние, тем самым, определяя скорость движения, а также время, за которое все изделие пройдет мимо преобразователя (рисунок 3.1.1).



Рис. 3.1.1 Методы измерения длины протяжённых изделий.

Считая, что скорость движения во все время измерения остается постоянной и, произведя ее перемножение на время можно тем самым определить длину изделия. Очевидно, что особенно для длиномерных изделий, скорость движения может существенно изменяться в процессе измерения, искажая тем самым результаты измерения, поэтому такие методы не нашли широкого применения и используются в основном для измерения длины относительно коротких изделий в некоторых лабораторных макетах и стендах

3.1.1 Электромеханический метод измерения длины и скорости.

Принцип работы электромеханических измерителей длины заключается в следующем. Измерительный цилиндрический ролик, вращаемый на оси, прижимается к изделию и обкатывает его при поступательном движении. С роликом жестко связан импульсный датчик, который выдаст определенное число импульсов на один оборот ролика. Цена импульса может быть определена по следующей формуле:

$$k = \pi D / n\mu,$$

где D – диаметр мерительного ролика;

n – число импульсов на один оборот импульсатора;

μ – передаточное отношение между роликом и импульсатором.

Подсчитав число импульсов m , можно определить длину изделия L :

$$L = k \cdot m,$$

где k – цена импульса;

m – число импульсов.

В данной системе возможно проскальзывание ролика по изделию. Чтобы избежать этого, применяют магнитные ролики или специальные прижимы.

В качестве импульсных датчиков применяются индуктивные фотоэлектрические, электромеханические, электромагнитные и другие устройства.

При выборе импульсного датчика важна стабильность импульса во время работы измерительного ролика. Кроме того, надо учитывать, что увеличение числа импульсов на один оборот измерительного ролика уменьшает цену импульса, т.е. увеличивает точность измерения.

Несмотря на все принимаемые меры, полностью избежать проскальзывание между роликом и изделием не удастся, особенно в переходных режимах. Ошибка измерения в этом случае зависит от длины изделия и может достигать величин, не удовлетворяющих требованиям производства. В связи с этим схему измерительной установки строят так, что производят измерение с помощью измерительного ролика не всего изделия, а только части, равной превышению длины изделия над так называемым «базовым расстоянием» L_0 . Длину базового расстояния принимают обычно равной минимально возможной длине изделия. Точность измерения в этом случае значительно повышается.

3.1.2 Бесконтактные методы измерения длины и скорости.

Бесконтактные методы измерения длины и скорости протяжённых изделий целесообразно использовать только в тех случаях, когда по тем или иным причинам невозможно использовать контактный электромеханический метод, описанный в п. 3.1. Например, при измерении длины оптоволокон и оптоволоконных кабелей невозможно применять контактный метод из-за хрупкости объекта измерения. А при измерении длины и скорости стальных канатов, проката, арматуры и т.п., контактный метод непригоден, так как мерные колёса не выдерживают нагрузок возникающих при производстве этих изделий и быстро изнашиваются. Также электромеханический метод измерения малопригоден при движении измеряемого объекта с большими скоростями (более 1000 м/мин) из-за своей инерционности.

Приборы, использующие бесконтактные схемы измерения, как правило, на порядки более сложны, дороги и потенциально менее надёжны хоть зачастую и обеспечивают хорошие метрологические характеристики.

3.1.2.1 Метод с использованием магнитных меток.

Способ измерения длины и скорости ферромагнитных изделий (стальные канаты, лента, прокат, проволока и т. п.) методом магнитных меток заключается в нанесении на движущееся изделие импульсным электромагнитом магнитных меток, считывании этих меток расположенным на фиксированном расстоянии от электромагнита магнитным преобразователем, нанесении каждой последующей метки в момент считывания предыдущей, подсчете числа считанных магнитным преобразователем магнитных меток, измерении временного интервала между соседними метками и определении длины изделия путем умножения числа посчитанных магнитных меток на базовое расстояние, а скорости изделия путем деления базового расстояния на временной интервал между соседними метками [5.13].

Структурная схема измерителя приведена на рисунке 3.1.2.1.1. Измеритель содержит два основных блока: блок измерительных преобразователей (БИП) с записывающей (ЗГ), считывающей (СЧГ) и стирающей (СТГ) головками и электронный блок (ЭБ), осуществляющий формирование сигналов для функционирования головок и преобразование сигналов измерительной информации. Где: **И** – изделие; **БИП** – блок измерительных преобразователей; **СТГ** – стирающая головка; **ЗГ** – записывающая головка; **СЧГ** – считывающая головка; **W₁** – обмотка возбуждения; **W₂** – измерительная обмотка; **ЭБ** – электронный блок; **Г** – генератор напряжения синусоидальной формы; **САФП** – схема амплитудно-фазового преобразования; **СУ** – сравнивающее устройство; **ОВ** – одновибратор; **УМ** – усилитель мощности; **МК** – микроконтроллер; **БВ** – блок ввода; **БИ** – блок индикации; **БИУ** – блок исполнительных устройств.

Измерение длины изделия осуществляется следующим образом. В процессе измерения канат перемещается с некоторым зазором относительно последовательно расположенных стирающей, записывающей и считывающей головок. Стирающей головкой, представляющей собой электромагнит, формируется убывающее по амплитуде переменное магнитное поле. Этим полем осуществляется предварительное размагничивание движущегося стального каната.

Записывающей головкой, представляющей собой электромагнит, осуществляется нанесение на движущийся канат магнитных меток.

Считывающей головкой, представляющей собой измерительный преобразователь, осуществляется считывание нанесенных магнитных меток.

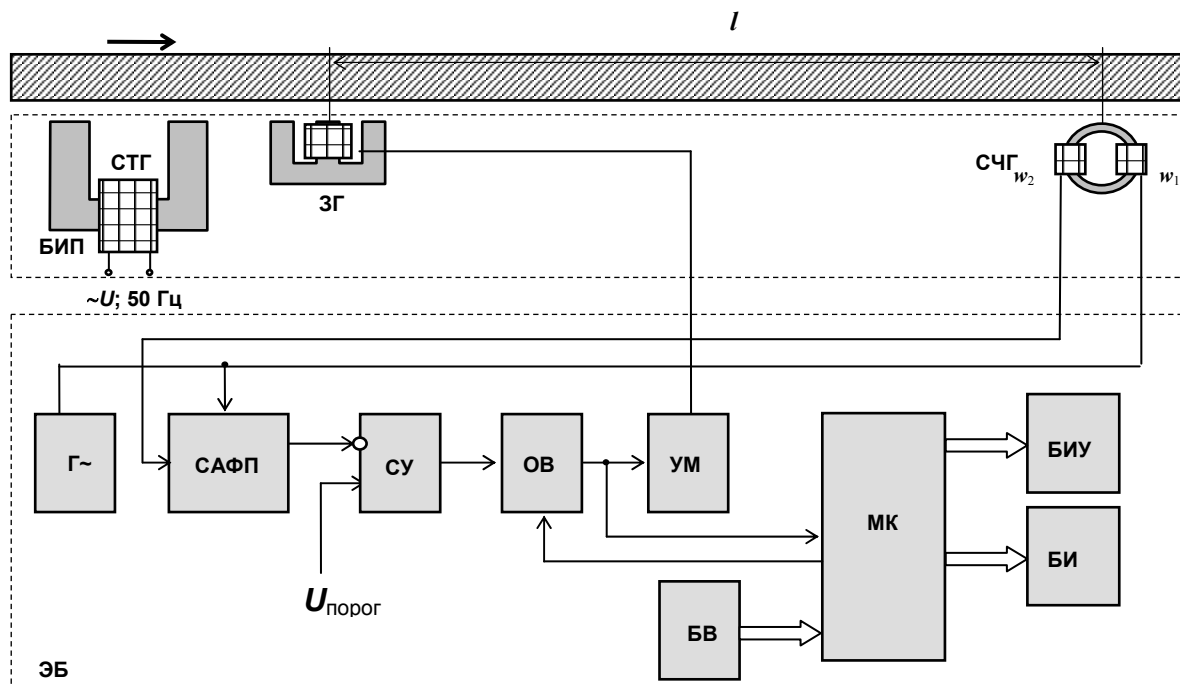


Рисунок 3.1.2.1.1 Структурная схема длинномер с методом магнитных меток

Процесс измерения организуется следующим образом. В случае прохождения мимо считывающей головки намагниченного участка стального каната (магнитной метки) на выходе измерительного преобразователя возникает электрический сигнал, который подается на вход схемы амплитудно-фазового преобразования (САФП), осуществляющей усиление, частотную фильтрацию и детектирование выходного сигнала считывающей головки.

При прохождении магнитной метки на выходе САФП возникает импульсный сигнал, который подается на вход сравнивающего устройства (СУ), на второй вход которого подается пороговое напряжение $U_{\text{порог}}$. При превышении выходного напряжения САФП $U_{\text{порог}}$ происходит срабатывания СУ. Выходным напряжением СУ производится запуск одновибратора (ОВ), формирующего короткий импульс положительной полярности, подаваемый на входы усилителя мощности (УМ) и микроконтроллера (МК). Выходным сигналом УМ, подаваемым на записывающую головку осуществляется нанесение следующей после считываемой магнитной метки.

Расстояние между осями считывающей и записывающей головками (база измерительного преобразователя) равно известному значению l . Соответственно и длина участка стального каната между соседними магнитными метками равна этому же значению l . Микроконтроллером осуществляется подсчет числа импульсов N ,

поступающих на его вход с выхода одновибратора и определение искомой длины изделия L_x по формуле:

$$L_x = l \cdot N,$$

где l – базовая длина с метрологическими характеристиками;

N – число импульсов.

Измерение скорости движения V_x изделия осуществляется по частоте импульсов f_x , поступающих с выхода ОВ на вход МК:

$$V_x = l \cdot f_x,$$

где l – базовая длина с метрологическими характеристиками;

f_x – частота поступающих импульсов N .

Начало процесса измерения инициируется постановкой первой магнитной метки по сигналу с выхода МК, формируемого при поступлении на его вход сигнала с выхода блока ввода.

3.1.2.2 Измерения длины протяженных, движущихся объектов с использованием ЛДИС.

С 1970-80-х годов в США, Германии, Японии, Дании и в России начали разрабатываться лазерные и оптические измерители скорости и длины на базе доплеровских, времяимпульсных, растровых и корреляционных методов. Эти приборы не имеют механического контакта с контролируемым объектом и, соответственно, погрешностей, связанных с проскальзыванием, износом, налипшей грязью, практически не требуют калибровок и профилактического обслуживания, рассчитаны на широкую номенклатуру контролируемых изделий.

Сегодня на рынке предлагаются различные модели лазерных доплеровских измерителей скорости и длины и, менее широко, оптические измерители на основе растровых анализаторов или ПЗС-камер, использующие некогерентные источники излучения.

Эти приборы обеспечивают высокую точность измерения (0,05% - 0,2%) в широком диапазоне скоростей и ускорений и рассчитаны на расстояние до объекта от 30 мм до 300 мм. Они надежно работают практически с любыми поверхностями от черных матовых, до блестящих металлических. [5.12]

Принцип измерения лазерного доплеровского измерителя скорости (ЛДИС) приведена на рисунке 3.1.2.2.1.

Лазерный пучок расщепляется светоделительной призмой на 2 луча, которые, пересекаясь на поверхности контролируемого объекта, образуют интерферирующую картину с периодом « d ». Излучение, рассеянное неоднородностями на поверхности объекта, собирается

приемной оптикой и преобразуется фотоприемным устройством в электрический сигнал, частота которого пропорциональна скорости движения объекта: [1]

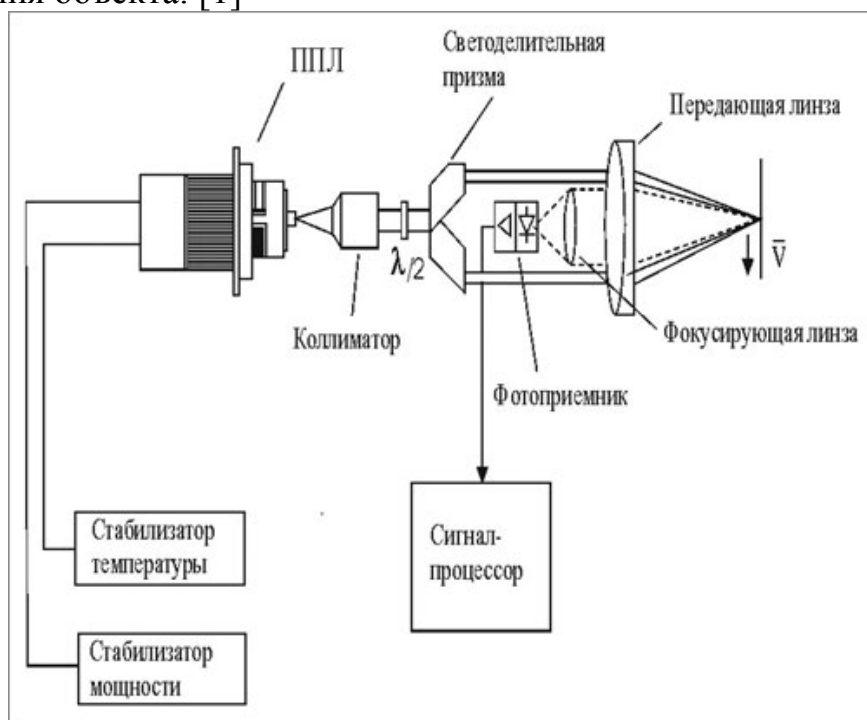


Рисунок 3.1.2.2.1 Структурная схема ЛДИС

$$f = \frac{V}{d} = \frac{2 \cdot V \cdot \sin(Q/2)}{\lambda},$$

где f – выходная частота лазерного датчика;
 V – скорость объекта;
 Q – угол между лазерными лучами;
 λ – длина волны лазера.

Таким образом, измеряя выходную частоту лазерного датчика, можно определить скорость и, соответственно, длину движущегося объекта:

$$V = \frac{f \cdot \lambda}{\sin(Q/2)} = K_{\text{гр}} \cdot f,$$

где $K_{\text{гр}}$ – градуировочный коэффициент прибора;
 λ – длина волны;
 f – выходная частота лазерного датчика;

$$L = \int_0^t V(t) \cdot dt,$$

где L – длина объекта;
 t – время измерения.

3.2 ИЗМЕРИТЕЛЬ ДЛИНЫ И СКОРОСТИ «ДЕЛЬТА 2.4» НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ.

Измерители представляют собой измерительные установки, применяемые на предприятиях кабельной промышленности, предприятиях-потребителях кабельной продукции, а также в торговых организациях [5.31].

Измеритель «Дельта-2.4» является рабочим средством измерений длины и линейной скорости движения кабеля и кабельных изделий в процессе их производства в соответствии с ГОСТ 12177, а также средством измерений длины кабеля при совершении торговых операций.

В производственных условиях измерители «Дельта-2.4» устанавливаются на экструзионных линиях наложения изоляции, на агрегатах непрерывной вулканизации, на крутильных машинах, на участках контрольной перемотки и бухтовки, на участках отгрузки кабельной продукции потребителям.

На предприятиях торговли и предприятиях-потребителях кабельной продукции измерители применяются на участках приемки и контрольной перемотки кабеля, на участках отпуска кабельной продукции покупателям.

При использовании эталонного измерителя в качестве рабочего средства измерений межповерочный интервал эталонного измерителя устанавливается – 1 год.

По условиям эксплуатации измерители относятся к группам В2 и N2 ГОСТ 12997.

Условия эксплуатации.

- Электропитание от промышленной сети переменного тока напряжением (220 +22/-33) В частотой (50±1) Гц.
- Потребляемая мощность не более 50 ВА.
- Температура окружающего воздуха..... от +5⁰С до +40⁰С.
- Относительная влажность не более 75% при 30⁰С.
- Атмосферное давление..... (84 ÷ 106,7) кПа.

По требованиям безопасности измерители удовлетворяют ГОСТ Р 51350. Класс защиты от поражения электрическим током II по ГОСТ Р 51350, двойная изоляция.

3.3 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

3.3.1 Характеристики по назначению

Основной функцией измерителя является измерение длины кабеля, прошедшего через метражное устройство. Измерение выполняется с учетом направления движения кабеля: при движении в направлении «+» длина нарастает, при движении в направлении «-» уменьшается.

Дополнительная функция – измерение скорости движения кабеля.

Параметры измеряемого кабеля.

- Наружный диаметр кабеля, или максимальный размер поперечного сечения для некруглых кабелей..... от 3 мм до 30 мм
- Материал изоляции кабеля: полиэтилен, ПВХ, резина.
- Линейная скорость движения кабеля до 600 м/мин

Допускается измерение длины неизолированного провода, неизолированной многопроволочной жилы, а также измерение бронированного или экранированного кабеля, при ограничении скорости движения кабеля через метражное устройство до 600 м/мин.

Режимы работы измерителя. Одновременно и независимо друг от друга реализуются следующие режимы работы измерителя:

- «Общий» – для измерения длины кабеля при определении общей длины изготовленного изделия, сменной выработки или общей длины барабана;
- «Бухта» – для измерения отрезков кабеля заданной длины при их намотке в бухты, на катушки или на барабаны;
- «Скорость» – для измерения линейной скорости кабеля.

Индикацию измеренных значений производит электронный счетчик на основном цифровом индикаторе ДЛИНА – СКОРОСТЬ. На индикатор выводятся значения одного из режимов: «Общий», «Бухта» или «Скорость», по выбору оператора.

Для обозначения режима, выведенного на основной индикатор, в его старшем разряде появляются следующие указатели:

- для режима «Общий» – указатель отсутствует;
- для режима «Бухта» – символ «b»;
- для режима «Скорость» – символ «C».

При счете длины в направлении, обратном основному направлению, после перехода счетчика через значение «0.0» метров, перед измеренным значением длины отображается знак «-» (минус).

Значения длины, измеренные в режимах «Общий» и «Бухта», сохраняются при сбоях электропитания измерителя и при длительном выключении питания. После включения питания хранившиеся значения автоматически восстанавливаются и счет длины продолжается с ранее набранных значений.

Сброс значений длины, набранных в режимах «Общий» и «Бухта», осуществляется вручную кнопкой СБРОС. В зависимости от программирования счетчика возможны два варианта выполнения сброса.

- Одновременный сброс показаний обоих режимов.
- Раздельный сброс показаний каждого из режимов. В этом случае сбрасываются данные только того режима, который выведен на основной индикатор счетчика.

Имеется возможность установки перед измерением начальных не нулевых значений на счетчиках ОБЩИЙ и БУХТА.

Для намотки отрезков кабеля заданной длины предусмотрена установка заданной длины в метрах на дополнительном индикаторе УСТАНОВКА. Заданное значение сохраняется при выключенном питании измерителя.

При совпадении значения длины на счетчике БУХТА со значением, заданным на индикаторе УСТАНОВКА, счетчик сбрасывается, а затем начинается с нуля измерение длины следующего отрезка кабеля. Одновременно, на клеммах ВЫХОД электронного счетчика, формируется электрический сигнал «Окончание намотки».

При приближении к концу процесса намотки отрезка кабеля заданной длины, измеритель формирует сигнал «Предварительная готовность». Параметр предварительной готовности выражается в долях от заданной полной длины отрезка. При достижении этого значения электрический сигнал «Предварительная готовность» подается на клеммы ВЫХОД электронного счетчика. Одновременно, основной индикатор ДЛИНА СКОРОСТЬ включается в мигающий режим с частотой 2Гц.

Измеритель обеспечивает передачу данных, измеренных в режимах «Общий», «Бухта», «Скорость» по интерфейсу RS-485 на внешние цифровые устройства. Данные выводятся на разъем СВЯЗЬ

электронного счетчика. В типовом варианте поставки интерфейс отсутствует.

3.3.2 Метрологические характеристики

Диапазон измерения длины:

- в режиме «Общий» (0÷100 000) м;
- в режиме «Бухта» (0÷10 000) м.

Единица младшего разряда (ЕМР) основного индикатора при измерении длины кабеля составляет:

- при измеряемой длине до 10 000 м 0,1 м;
- при измеряемой длине 10 000 м и более 1 м.

Переключение цены единицы младшего разряда индикатора при переходе длины через значение 10 000 м автоматическое.

Пределы допускаемой погрешности измерений длины

измерителя «Дельта-2.4» $\pm 0,2 \% \pm 1 \text{ ЕМР}$;

Диапазон измерений скорости кабеля..... (0÷600) м/мин.

Единица младшего разряда основного индикатора при измерении скорости составляет: 0,1 м/мин;

Пределы допускаемой погрешности измерений скорости

измерителя «Дельта-2.4»..... $\pm 3 \% \pm 1 \text{ ЕМР}$;

3.3.3 Эксплуатационные характеристики

Время готовности к работе не более 5 с.

Время непрерывной работы 16 ч.

Средний срок службы не менее..... 5 лет.

Габаритные размеры составных частей измерителя:

- метражного устройства «Румб-2.33»..... 336x169x224 мм;
- электронного счетчика «Дельта-2.43»..... 240x115x195мм.

Диаметр рабочей поверхности измерительного ролика

метражного устройства «Румб-2.33»..... $(159,1 \pm 0,1) \text{ мм}$.

Высота измеряемого кабеля над поверхностью пола при

монтаже измерителя на стойке «СТ-1.30» (840÷1250) мм.

Расположение измеряемого кабеля – горизонтальное.

Масса составных частей измерителя не более:

- метражного устройства «Румб-2.33 «..... 7,5 кг;
- электронного счетчика «Дельта-2.43» 0,2 кг.

3.4 ОПИСАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКТА «ДЕЛЬТА 2.4».

3.4.1 Принцип действия

В измерителе используется контактный метод измерения длины движущегося кабеля с помощью ролика, имеющего известную длину рабочей поверхности. Движение кабеля, необходимое для работы измерителя, обеспечивает внешнее оборудование, не входящее в комплект поставки измерителя.

Общий вид измерителя показан на титульном листе документации и на габаритно-установочном чертеже приложения А.

Измеритель содержит два основных блока: метражное устройство, являющееся электромеханическим преобразователем длины кабеля в число электрических импульсов и электронный счетчик, осуществляющий дальнейшее преобразование импульсов.

При работе движущийся кабель прижат без проскальзывания к измерительному ролику метражного устройства и приводит ролик во вращение. Вращение ролика регистрирует датчик, который вырабатывает на каждый оборот ролика известное число импульсов.

Импульсы датчика поступают по соединительному кабелю на электронный счетчик, осуществляющий суммирование их, либо вычитание, в зависимости от направления движения кабеля. Число импульсов пересчитывается в метры длины кабеля и отображается на цифровом индикаторе счетчика. При пересчете учитывается поправка, занесенная в память счетчика и уменьшающая погрешность измерения.

Измерение скорости кабеля осуществляется по частоте импульсов, поступающих на электронный счетчик. Измеренная скорость также выводится на индикатор. Во время измерения скорости счет длины не прерывается.

Переменные параметры измерителя обеспечивают удобство работы оператора и возможность сопряжения измерителя с различным технологическим оборудованием.

Потребитель имеет возможность самостоятельно изменять переменные параметры измерителя и устанавливать их в зависимости от конкретных требований технологического процесса. Это достигнуто

применением в электронном счетчике перепрограммируемого однокристалльного микроконтроллера.

3.4.2 Метражное устройство «Румб-2.33»

Метражное устройство преобразует длину движущегося кабеля в число электрических импульсов и передает импульсы на электронный счетчик. Преобразование осуществляется с помощью измерительного ролика, вращение которого контролируют два импульсных датчика.

Конструкция метражного устройства показана на рисунках 3.4.2.1 и 3.4.2.2, а общий вид изображен на титульном листе. Основной деталью измерительного механизма является измерительный ролик **1** (рис. 1), свободно вращающийся во встроенных в него подшипниковых опорах. Контролируемый кабель **3** движется сверху над измерительным роликом и прижимается к его рабочей поверхности прижимным роликом **4**. Для уменьшения взаимного проскальзывания ролика и измеряемого кабеля, поверхность измерительного ролика подвергнута специальной обработке.

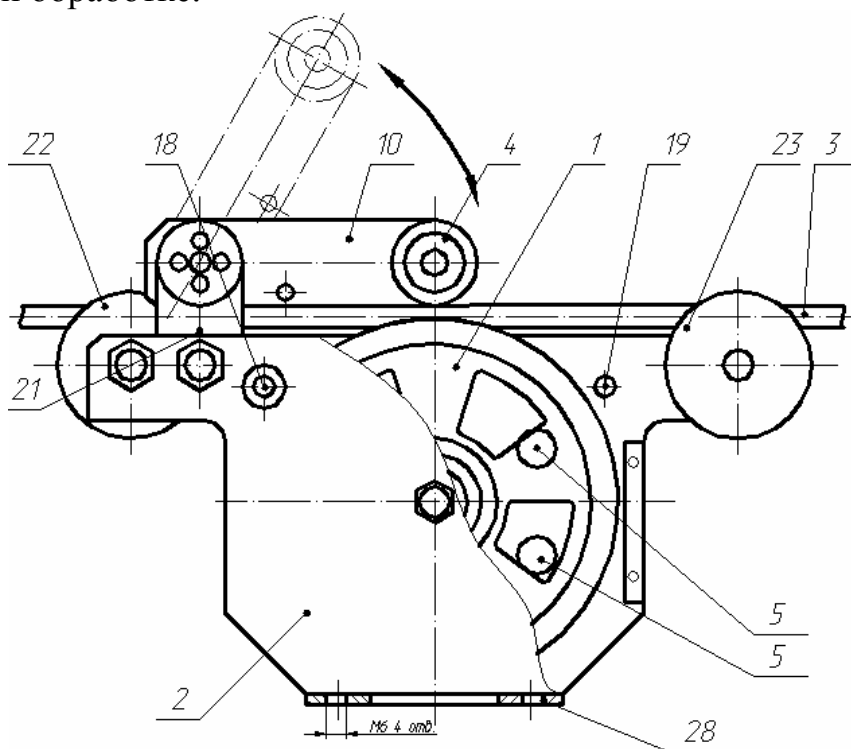


Рис. 3.4.2.1 – Метражное устройство «Румб-2.33». Вид спереди.

Вращение измерительного ролика регистрируют два бесконтактных индуктивных датчика **5**, установленные на расстояние $(1 \div 3)$ мм от плоскости ролика. На ролике выполнены пять отверстий, которые проходя мимо торцов индуктивных датчиков, вызывают их

переключение. На каждый оборот ролика датчики формируют десять счетных импульсов.

Датчики 5 установлены со смещением один относительно другого по ходу вращения ролика 1. Это позволяет определить направление вращения ролика по порядку чередования импульсов, формируемых датчиками, и учесть направление движения кабеля в процессе измерения его длины.

Для крепления датчика предусмотрена резьба М 18 на наружной поверхности его корпуса. Датчики устанавливаются в резьбовые втулки 7 и фиксируются контргайками 8. Втулка 7 укреплена на задней панели 6 корпуса метражного устройства так, что выступающий торец датчика располагается вблизи плоскости измерительного ролика.

При необходимости производится регулировка рабочего зазора между торцом датчика и плоскостью измерительного ролика. Для этого датчик снимается вместе со втулкой 7, перемещается по резьбе втулки в новое положение и фиксируется гайкой 8, а затем втулка вместе с датчиком устанавливается на прежнее место. При такой регулировке не требуется отсоединение кабеля датчика от схемы метражного устройства.

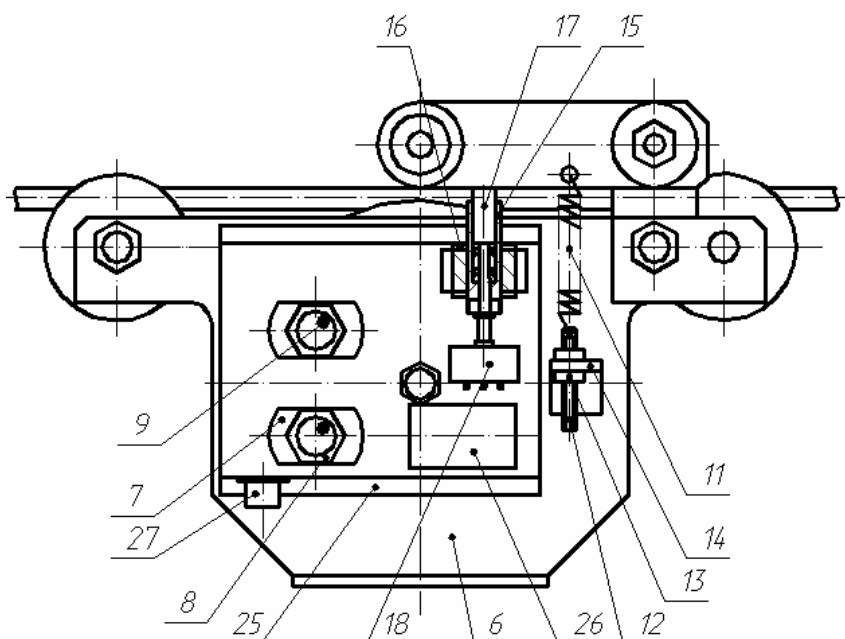


Рис. 3.4.2.2 – Метражное устройство «Румб-2.33». Вид сзади.

Для визуального контроля за работой датчиков, на торце каждого из них, со стороны гибких выводов, находится светодиод 9, включающийся в момент срабатывания датчика. Порядок переключения датчиков при вращении измерительного ролика показан на диаграмме рис. 3.4.2.3.

Прижимной ролик **4** установлен на рычаге **10** и опускается вниз под действием пружины **11**. Усилие поджатия кабеля к измерительному ролику регулируется изменением тяги пружины. Грубая регулировка осуществляется перестановкой стойки **14** в новые отверстия на задней панели **6**; плавная регулировка – перемещением тяги пружины **12** гайками **13**.

Диаграмма переключения датчиков A1,A2

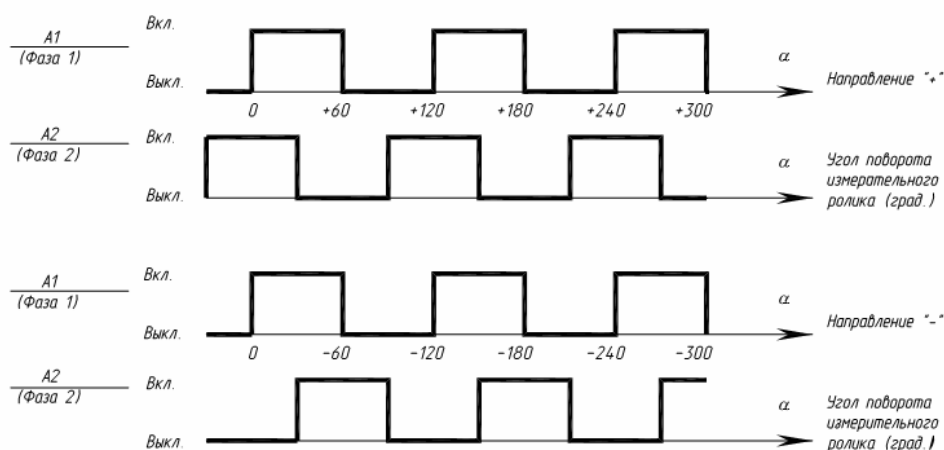


Рис. 3.4.2.3 Порядок переключения датчиков при вращении измерительного ролика .

Для защиты рабочей поверхности измерительного ролика от ударов прижимного ролика при опускании его вниз, служит упор **15**, ограничивающий перемещение вниз рычага **10**. Остающийся гарантированный зазор между роликами, составляющий $(2 \div 3)$ мм, определяет минимальный диаметр кабеля, который может проходить без проскальзывания через метражное устройство. Положение упора **15** регулируется перемещением его в резьбе стойки **16**. Дополнительную защиту осуществляет подпружиненный шток **17**, воспринимающий начальную фазу удара и плавно опускающий рычаг **10** на упор **15**.

В момент окончания измеряемого кабеля, или при выходе его из метражного устройства, измерительный ролик продолжает вращаться по инерции, в связи с чем возникает дополнительная погрешность измерения длины. Для устранения указанной погрешности служит выключатель счета **18**, срабатывающий при окончании кабеля и разрывающий цепь питания импульсных датчиков. Срабатывание выключателя вызывает шток **17**, который перемещает усик выключателя при опускании рычага прижимного ролика на упор.

Стабилизацию положения измеряемого кабеля и ориентирование его на середину измерительного ролика осуществляет система направляющих роликов: два ролика на входе кабеля в метражное устройство и два – на выходе.

Направляющие ролики **20** и **21** имеют горизонтальную ось вращения. Их положение неизменно в корпусе устройства. Ролики **22** и **23** профилированные, имеют глубокий паз, предотвращающий поперечные смещения кабеля на участке контроля длины.

Для гибких и тонких кабелей осуществляется дополнительная стабилизация их положения в измерительной зоне, которая происходит за счет специальной формы прижимного ролика **4**, имеющего двойную конусность, направленную к середине ролика. Выбрасывание кабеля из метражного устройства при уменьшении натяжения и рывках предотвращают реборды на краях измерительного ролика **1**.

Режимы работы метражного устройства обозначают два светодиода **18** и **19**, установленные на передней панели **2**. Красный светодиод **18** ГОТОВ включается при подаче питания на метражное устройство. Зеленый светодиод **19** СЧЕТ зажигается, когда в метражном устройстве заправлен контролируемый кабель и происходит измерение его длины.

Элементы конструкции метражного устройства, расположенные на задней панели (рис. 3.4.2.2), закрыты защитным кожухом **25**. Внутренние электрические соединения элементов производятся на монтажной плате **26**. Соединение метражного устройства с электронным счетчиком выполняется кабелем «КС-2.01», который подключается к разъему **27** СЧЕТЧИК на нижней поверхности защитного кожуха.

3.4.3 Электронный счетчик «Дельта-2.43»

Счетчик «Дельта-2.43», далее «счетчик», является программируемым цифровым электронным устройством, предназначенным для работы в составе измерителя длины гибких протяжных изделий, например измерителей длины кабеля. Измерение осуществляется в процессе движения кабеля через измеритель.

Прибор (измеритель) содержит измерительный ролик и импульсный датчик, вырабатывающий известное число импульсов на каждый метр длины кабеля. В этих условиях счетчик воспринимает импульсы датчика, переводит их число в метры длины кабеля и обрабатывает длину кабеля и отображает длину на индикаторе.

Выполняемые функции.

Счетчик, работая в составе измерителя длины (кабеля), выполняет следующие функции:

- Обеспечивает питание датчика измерительного ролика стабилизированным напряжением +15 В.

- Принимает импульсные сигналы «Фаза 1» и «Фаза 2» датчика и определяет направление движения измеряемого кабеля по соотношению импульсов.

- Суммирует, либо вычитает импульсы датчика, в зависимости от направления кабеля.

- Переводит суммарное число импульсов в метры длины измеряемого кабеля. При расчете длины учитывает корректирующую поправку, заданную при поверке измерителя.

- Рассчитывает скорость измеряемого кабеля по частоте импульсов датчика.

- Отображает на цифровом индикаторе измеренную общую длину кабеля в режиме «Длина общая», длину наматываемой бухты в режиме «длина бухты», либо линейную скорость кабеля в режиме «Скорость».

- Позволяет оператору задать требуемую длину намотки отрезков кабеля (длину бухты) и постоянно отображает заданную длину в метрах на дополнительном индикаторе.

- В процессе намотки бухты показывает на линейной шкале текущий объем намотки бухты по отношению к заданной длине намотки.

- При достижении заданной длины намотки формирует звуковой и электрический сигналы «Окончание намотки».

- Позволяет оператору вручную сбросить показания любого из счетчиков: «Длина общая», либо «Длина бухты».

- Позволяет оператору установить в начале измерения исходное не нулевое значение длины.

- Обеспечивает ввод вручную и отображение корректирующей поправки измерения длины.

- Поддерживает работу интерфейса RS-485 в случае связи счетчика по указанному интерфейсу с внешними цифровыми устройствами.

Конструкция счетчика.

Конструкция счетчика показана на рисунке 3.4.3.1, а расположение элементов на его передней и задней панелях – на рисунках 3.4.3.2 и 3.4.3.3.

Счетчик (рисунок 3.4.3.1) собран в корпусе, содержащем основание **1**, переднюю панель **2** и заднюю панель **3**, и закрыт металлическим кожухом **4**, одеваемым со стороны задней панели. На основании корпуса крепится импульсный источник питания **5**, типа «Т-40С».

Электрическая схема счетчика расположена на двух печатных платах: плате контроллера «КРЦ-2.63» и плате индикации «ПИ-2.14».

Плата контроллера **6** крепится горизонтально на планках **7**, стягивающих переднюю и заднюю панели корпуса. На плате установлен собственно микроконтроллер, а также силовые электронные элементы и элементы обрaмления микроконтроллера

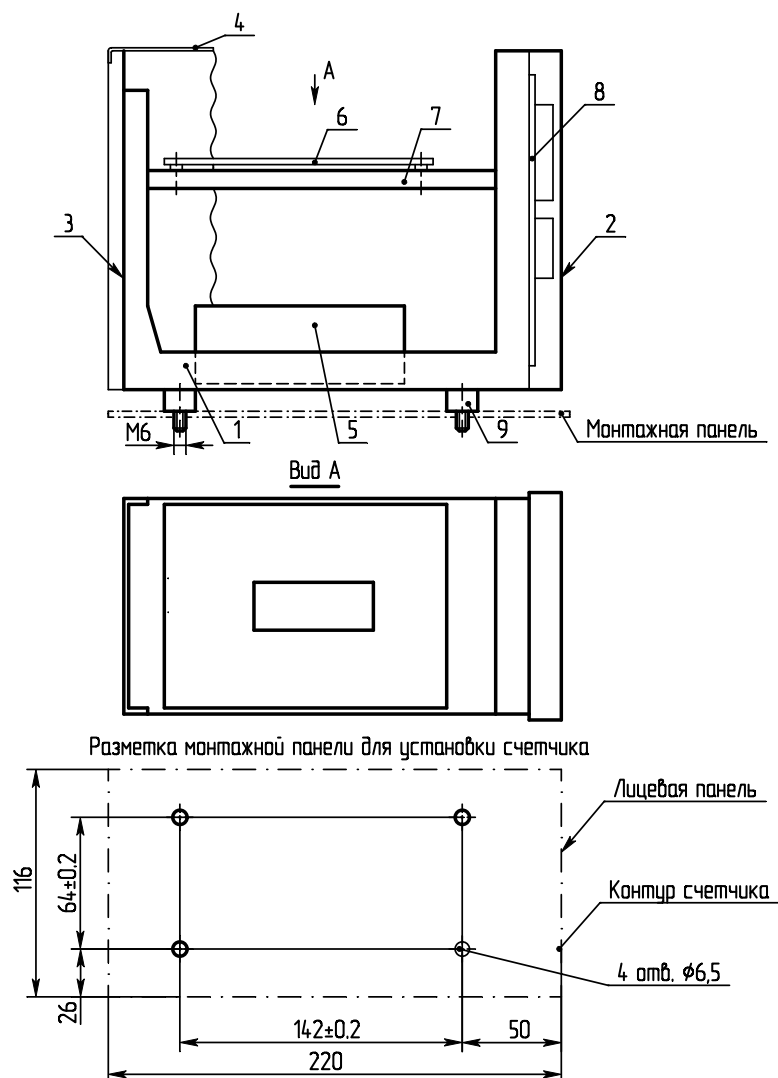


Рисунок 3.4.3.1 Конструкция счетчика «Дельта-2.43»

Плата индикации **8** (рисунок 3.4.3.1) установлена вертикально на передней панели счетчика. На плате расположены два цифровых индикатора: основной и дополнительный, а также линейная светодиодная шкала НАПОЛНЕНИЕ БУХТЫ.

Передняя панель счетчика (рисунок 3.4.3.2) содержит следующие элементы управления и индикации.

Основной пятиразрядный индикатор **1** ТЕКУЩАЯ ДЛИНА/СКОРОСТЬ. В зависимости от режима, включенного оператором, индикатор показывает общую измеренную длину, длину

намотки бухты, либо скорость кабеля. Для различения этих режимов между собой, в старшем разряде индикатора отображается символ «b»– при работе в режиме «Длина бухты» и символ «С» в режиме «Скорость».

Дополнительный индикатор **2** ЗАДАННАЯ ДЛИНА БУХТЫ, показывающий длину, по достижению которой формируется сигнал «Окончание намотки».

Кнопки **3** УСТАНОВКА ДЛИНЫ БУХТЫ: БОЛЬШЕ и МЕНЬШЕ, позволяющие оператору выставить требуемую длину бухты на дополнительном индикаторе.

Кнопки **4** РЕЖИМ ИНДИКАЦИИ: ДЛИНА ОБЩАЯ, ДЛИНА БУХТЫ, СКОРОСТЬ, с помощью которых переключаются режимы основного индикатора. Над каждой из кнопок установлен сигнальный светодиод, отмечающий включение соответствующего режима.

Кнопка **5** СБРОС ДЛИНЫ для обнуления показаний счетчика, выведенных на основной индикатор.

Линейная светодиодная шкала **6** НАПОЛНЕНИЕ БУХТЫ. Количество зажженных светодиодов шкалы показывает, насколько заполнена бухта по сравнению с заданной длиной намотки.

Клавишный выключатель питания **7** ВКЛ/ВЫКЛ, включающий питание счетчика. Во включенном состоянии загорается подсветка клавиши.

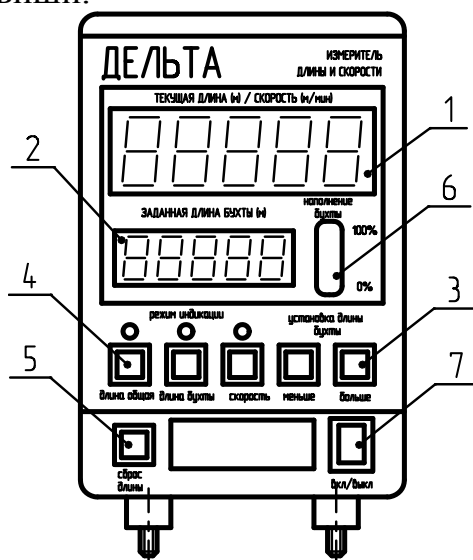


Рисунок 3.4.3.2. Передняя панель счетчика.

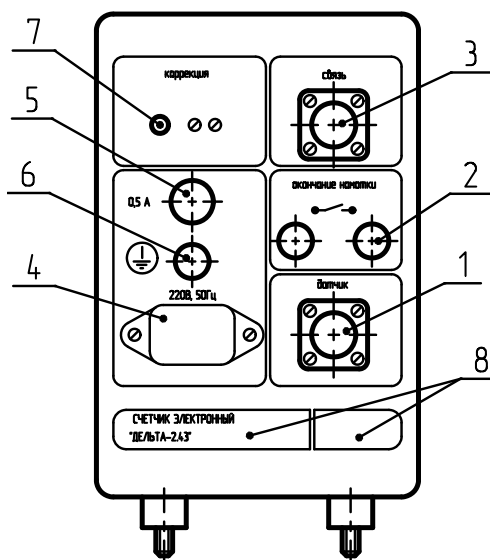


Рисунок 3.4.3.3. Задняя панель счетчика.

Задняя панель счетчика приведена на рисунке 3.4.3.3. На панели расположены элементы коммутации и предохранители.

Разъем **1** ПОДКЛЮЧЕНИЕ ДАТЧИКА, для соединения счетчика с импульсным датчиком метражного устройства. Для

соединения используется четырехжильный кабель, по которому поступает питание на датчик +15 В и снимаются сигналы «Фаза 1» и «Фаза 2» на счетчик.

Клеммы **2** **ОКОНЧАНИЕ НАМОТКИ** для подключения к счетчику внешних устройств сигнализации и (или) автоматики, воспринимающих сигнал «Окончание намотки».

Разъем **3** **СВЯЗЬ**, используемый для включения счетчика в локальную компьютерную сеть с помощью адаптера RS-232/RS-485 (ОПЦИЯ). Подробнее о схеме включения сказано в описании «Интерфейс RS-485». Если подключение интерфейса не предусмотрено, то вместо разъема СВЯЗЬ установлена заглушка.

Розетка **4** ~220 в 50 Гц для подключения шнура сетевого питания счетчика.

Сетевой предохранитель **5** 0,5 А.

Клемма **6** **ЗЕМЛЯ** для заземления блока.

Отверстие **7** **КОРРЕКЦИЯ**, закрытое пломбирующей наклейкой. Через отверстие открывается доступ к регулировочному резистору, с помощью которого устанавливается корректирующая поправка измерения длины.

На свободном поле **8** задней панели нанесено обозначение блока и указан его заводской номер.

Монтаж блока счетчика осуществляется на горизонтальную панель, как показано на рисунке 3.4.3.1. Для крепления используются четыре шпильки **9**, вкрученные в основание **1** счетчика. Взаимное расположение отверстий на монтажной панели под шпильки блока показано на рисунке 3.4.3.1.

3.5 ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Проверка работоспособности измерителя проводится в следующих случаях:

- После установки измерителя на месте постоянной эксплуатации, перед вводом в эксплуатацию.
- После проведения ремонтных или профилактических работ, связанных с заменой деталей и узлов измерителя.
- После длительного перерыва в работе измерителя.
- Перед периодической поверкой измерителя.

Подготовка к проверке

Выбрать место установки счетчика, удобное оператору для наблюдения за показаниями, по возможности ближе к импульсному

датчику измерительного ролика. На месте установки должна быть розетка сетевого питания ~220 В 50 Гц и контур заземления.

На горизонтальной площадке, выбранной для установки блока счетчика, выполнить четыре отверстия $\varnothing 6,5$ мм согласно рисунку 1.

Установить счетчик на подготовленную площадку и закрепить его гайками М6 за шпильки основания.

Проложить к счетчику и подключить соединительные кабели:

- кабель связи «Счетчик-Датчик»;
- кабель сетевого питания ~220 В;
- провод заземления к контуру заземления;
- кабель линии связи с адаптером RS-485/RS-232, если счетчик используется с интерфейсом RS-485;
- кабель связи с внешним устройством сигнализации и автоматики при использовании таких устройств.

При выполнении работ руководствоваться следующим:

- нежелательна прокладка кабелей рядом с силовыми кабелями технологического оборудования;
- запрещена прокладка кабелей по полу и по конструкциям технологического оборудования без крепления кабелей и защиты их от технических воздействий.

Проверить работоспособность счетчика. Порядок проверки заключается в следующих операциях.

Включить вилку сетевого шнура питания в сеть ~220 В 50 Гц. Включить клавишу ВКЛ. Должны загореться индикаторы счетчика и подсветка клавиши. На основном индикаторе должно появиться значение длины, хранившееся в памяти счетчика перед его выключением.

Вращая вручную измерительный ролик измерителя длины в направлении основного движения кабеля проверить увеличение показаний длины на индикаторе ТЕКУЩАЯ ДЛИНА счетчика.

Вращая измерительный ролик в противоположном направлении проверить уменьшение длины показаний индикатора ТЕКУЩАЯ ДЛИНА.

Кратковременно нажать и отпустить кнопку СБРОС ДЛИНЫ счетчика. На основном индикаторе должны установиться значения «0.0» метров.

Проверить включение режима «Длина бухты». Для этого нажать кнопку ДЛИНА БУХТЫ. Над кнопкой должен загореться сигнальный светодиод, а на основном индикаторе в старшем разряде появиться символ режима, знак «b».

Кнопками БОЛЬШЕ и МЕНЬШЕ установить на дополнительном индикаторе счетчика небольшую заданную длину бухты (например, 10 м).

Вращая вручную измерительный ролик убедиться, что при достижении установленной длины (10 метров) формируется звуковой сигнал «Окончание намотки». Линейный индикатор НАПОЛНЕНИЕ БУХТЫ должен показывать нарастающий до 100% объем намотки бухты.

Проверить включение режима «Скорость» кнопкой СКОРОСТЬ. Должен загореться сигнальный светодиод, а в старшем разряде появиться символ «С». Показания индикатора должны быть «0.0» метров в минуту при неподвижном измерительном ролике.

3.6 ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЯ ДЛИНЫ И СКОРОСТИ.

Начало работы

Включить питание измерителя тумблером СЕТЬ на задней панели электронного счетчика. Должен загореться один из светодиодов на передней панели счетчика и цифровые индикаторы, а также светодиод ГОТОВ на метражном устройстве.

Заправить измеряемый кабель в метражное устройство. Заправку проводить при неподвижном измеряемом кабеле. Для заправки следует рукояткой поднять прижимной ролик, уложить измеряемый кабель сверху на опорные ролики и измерительный ролик и опустить прижимной ролик.

Светодиод ГОТОВ на метражном устройстве должен погаснуть, а светодиод СЧЕТ загореться. **Измеритель готов к работе.**

3.6.1 Измерение общей длины

Включить режим «Длина общая», если режим не был включен ранее.

Кратковременно нажать кнопку СБРОС ДЛИНЫ. Должны установиться показания индикатора ДЛИНА ТЕКУЩАЯ «0.0» метров. С этого момента начнется измерение общей длины кабеля.

Отсчет текущей измеренной длины производится в метрах и десятых долях метра по основному индикатору счетчика.

Если измерение надо проводить с начального не нулевого значения длины, то оно устанавливается следующим образом.

Находясь в режиме «Длина общая» нажать кнопку ДЛИНА ОБЩАЯ и, не отпуская ее, кнопку БОЛЬШЕ, либо МЕНЬШЕ. Показания индикатора начнут изменяться: увеличиваться либо уменьшаться в зависимости от нажатой кнопки.

Дойдя до нужного начального значения длины отпустить кнопки. Изменение показаний индикатора прекратятся. На индикаторе должно сохраниться установленное значение длины.

3.6.2 Намотка кабеля заданной длины

На дополнительном индикаторе ЗАДАННАЯ ДЛИНА БУХТЫ установить кнопками БОЛЬШЕ и МЕНЬШЕ требуемую длину отрезка кабеля (бухты).

Включить режим «Длина бухты» кнопкой ДЛИНА БУХТЫ. Должен загореться светодиод режима, а на основном индикаторе в старшем разряде появиться символ режима, значок «Б».

Сбросить прежние показания счетчика ДЛИНА БУХТЫ, нажав кнопку СБРОС ДЛИНЫ. С этого момента начнется счет длины намотки бухты.

Намотку бухты контролировать в метрах по нарастанию длины на основном индикаторе, а также по наполнению бухты в процентах на линейной светодиодной шкале счетчика.

В момент совпадения текущей длины намотки бухты с заданной длиной будет сформирован звуковой и электрический сигналы «Окончание намотки». Счетчик ДЛИНА БУХТЫ автоматически сбрасывается и сразу начинается счет нового отрезка.

В режиме «Длина бухты» возможна начальная не нулевая установка счетчика длины, которая выполняется также, как и в режиме «Длина общая».

3.6.3 Измерение скорости кабеля

Включить режим «Скорость» кнопкой СКОРОСТЬ. Загорится сигнальный светодиод, а на основном индикаторе в старшем разряде появится символ режима, значок «С».

Индикатор ДЛИНА/СКОРОСТЬ покажет значение скорости кабеля в метрах в минуту.

Следует помнить, что переключение режимов основного индикатора не влияет на работу счетчиков «Длина общая» и «Длина бухты». Счетчики работают параллельно и не зависимо друг от друга.

3.7 Корректирующая поправка.

Ввод поправки осуществляется в режиме «Поправка». Для входа в этот режим нажимается кнопка СКОРОСТЬ и, не отпуская ее, кнопка СБРОС ДЛИНЫ.

НА ОСНОВНОМ ИНДИКАТОРЕ ПОЯВИТСЯ СООБЩЕНИЕ «ПОПР.», означающее включение режима «Поправка». На дополнительном индикаторе выставится цифровое значение

установленной ранее поправки (метров на километр) и знак этой поправки «+» или «-».

Изменение величины поправки производится подстроечным резистором, расположенным на задней панели счетчика за отверстием КОРРЕКЦИЯ. Отверстие закрыто пломбирующей наклейкой для исключения свободного доступа к регулировочному резистору.

После установки требуемого расчетного значения поправки выход из режима «Поправка» осуществляется нажатием любой из кнопок режима: ДЛИНА ОБЩАЯ, ДЛИНА БУХТЫ, СКОРОСТЬ. Затем пломбируется отверстие КОРРЕКЦИЯ на задней

3.7.1 Принцип уменьшения погрешности измерителя.

Погрешность измерения длины складывается из двух составляющих:

- Случайная (переменная) составляющая, изменяющаяся от одного измерения к другому и зависящая от многих причин.
- Систематическая (постоянная) составляющая, значение которой мало изменяется, и зависит от небольшого числа постоянно действующих факторов, например, от проскальзывания кабеля в метражном устройстве, от износа измерительного ролика, и т.д.

Систематическая составляющая погрешности может быть скомпенсирована, что существенно увеличивает точность измерения. В измерителе длины это достигается уменьшением или добавлением к измеренному значению корректирующей поправки. Поправка вводится в память микроконтроллера счетчика и непрерывно используется в программе при расчете и индикации измеренной длины и скорости.

Для удобства расчета и дальнейшего использования, поправка представляется в виде систематической составляющей погрешности измерителя в метрах, приведенной на километр измеренной длины кабеля и имеет размерность м/км (метров на километр).

3.7.2 Определение корректирующей поправки.

При определении значения поправки находится погрешность измерителя за несколько измерений, например за три. Затем погрешность усредняется и приводится к стандартной измеренной длине 1 километр.

Величина поправки принимается равной погрешности, вычисленной указанным способом. Знак поправки принимается противоположным знаку погрешности.

Погрешность измерителя находится экспериментальным путем, с использованием одного из трех указанных ниже способов.

- Протягиванием через измеритель мерного отрезка кабеля, длина которого известна заранее с высокой точностью.

- Сравнением показаний измерителя с показаниями эталонного прибора при измерении ими одного и того же отрезка кабеля, заранее неизвестной длины.

- Проверкой измерителя на стенде «Сапфир-Д» в процессе измерения им длины пробега мерной петли стенда.

Разумеется, в первых двух случаях, точность измерений длины мерного отрезка или точность используемого эталонного прибора должны быть существенно выше точности проверяемого измерителя. Указанные погрешности не должны превышать $\pm 0,15 \%$, при работе с измерителем «Дельта-2.4».

Поскольку единица младшего разряда индикации длины у проверяемого измерителя составляет 0,1 м, то для получения требуемой точности определения корректирующей поправки длина кабельного изделия, прошедшего через измеритель, должна составлять не менее 100 м для измерителя «Дельта-2.4».

При определении погрешности измерителя **с помощью мерного отрезка кабеля** известной длины, измерение проводится трижды в условиях, максимально приближенных к условиям эксплуатации измерителя. Протяжку кабеля через измеритель целесообразно проводить с рабочей скоростью, используя технологическое оборудование, на котором установлен измеритель.

При экспериментальном определении погрешности измерителя **с применением эталонного прибора**, должны быть получены три значения длины кабеля, измеренные одновременно проверяемым и эталонным приборами. Для проведения эксперимента может быть использована методика периодической поверки измерителя.

Расчет поправки. После проведения измерений одним из указанных выше способов, величина корректирующей поправки рассчитывается по формуле:

$$\Pi = \frac{1000}{3} \times \left[\frac{(L_{\Phi 1} - L_{н1})}{L_{\Phi 1}} + \frac{(L_{\Phi 2} - L_{н2})}{L_{\Phi 2}} + \frac{(L_{\Phi 3} - L_{н3})}{L_{\Phi 3}} \right], \quad (3.7.2.1)$$

где Π - корректирующая поправка, метров на километр;

$L_{\Phi 1}$, $L_{\Phi 2}$, $L_{\Phi 3}$ – фактические значения длины в метрах, измеренные эталонным прибором в первом, втором и третьем измерениях, или фактическая, заранее известная длина мерного отрезка кабеля, или показания длины пробега стенда «Сапфир-Д»;

$L_{н1}$, $L_{н2}$, $L_{н3}$ – показания в метрах проверяемого измерителя при первом, втором и третьем измерениях;

1000 – приведенная стандартная длина (1 километр).

Поправка рассчитывается с учетом знака («+» или «-»), с округлением до первого знака после запятой ($\pm 0,1$ м).

3.7.3 Ввод корректирующей поправки.

После экспериментального определения и расчета по формуле (3.7.2.1) корректирующей поправки производится ввод поправки в память микроконтроллера электронного счетчика. Ввод поправки осуществляется в режиме «Поправка», который описан в п 3.7.

Для ввода поправки устанавливается режим «ПОПР.». Изменение значения и знака поправки проводится подстроечным резистором, находящимся на задней панели счетчика. Контроль установленного значения производится по дополнительному индикатору УСТАНОВКА.

В связи с тем, что установка корректирующей поправки связана с нарушением пломбирующей наклейки, и после нарушения пломбы измеритель становится непригодным к эксплуатации, установку поправки следует проводить перед поверкой измерителя, либо непосредственно в начале поверки. В последнем случае, для определения величины корректирующей поправки может быть применено оборудование и использована методика, предназначенные для проведения поверки измерителя.

3.8 Контрольные вопросы.

3.8.1 На каких этапах процесса производства кабельных изделий, необходим непрерывный контроль длины и скорости? Для чего?

3.8.2 В каких случаях целесообразней применять бесконтактные измерители длины и скорости.

3.8.3 Поясните принцип измерения длины и скорости протяжённых изделий электромеханическим методом? Какие типы импульсных двоичных датчиков в нём применяются? На каких эффектах основана работа этих датчиков?

3.8.4 Назовите основные факторы, влияющие на погрешность измерения длины и скорости электромеханическим методом? Каким образом можно минимизировать их влияние?

3.8.5 Перечислите бесконтактные методы измерения длины и скорости? Поясните принципы их работы и область применения?

3.8.6 Каковы метрологические характеристики измерительного комплекта «Дельта 2.4»?

3.8.7 Поясните принцип уменьшения погрешности измерителя «Дельта 2.4», с использованием корректирующей поправки.

3.8.8 Для чего в электронном счётчике «Дельта 2.43» предусмотрен счёт длины бухты?

3.8.9 Какие сигналы предусмотрены в измерительном комплекте «Дельта 2.4» для возможности встраивания измерителя в АСУТП кабельной линии?

3.9 Методические указания к выполнению работы.

3.9.1 Изучить состав, конструкцию, а также ознакомиться с назначением и характеристиками измерительного комплекта «Дельта-2.4» (п. 3.2- 3.4). Определить какой из методов измерения длины и скорости кабеля, описанных в п. 3.1 используется в данном приборе.

3.9.2 Ознакомиться с режимами работы электронного счётчика длины «Дельта-2.4» и метражного устройства «Румб» описанными в п 3.4.

3.9.3 Проверить работоспособность измерительного комплекта «Дельта-2.4» в соответствии с п. 3.5.

3.9.4 Используя аттестованную линейку длиной не менее 50 см произвести замер длины петли установленной на демонстрационном стенде с точностью до 1 мм. За начало отсчёта принимать маркер, нанесённый на петлю белой краской. Длину петли вычислить как среднее арифметическое не менее трёх измерений.

3.9.5 Проверить соответствие реальной погрешности показаний длины и скорости прибора, погрешности заявленной производителем. Для этого необходимо запустить привод стенда и регулятором установить скорость движения петли в пределах от 50 до 100 м/мин и затем остановить его. Совместить маркер петли с условной точкой отсчета «0» на демонстрационном стенде. Снова запустить стенд с одновременным запуском секундомера. Для получения более точных расчётных данных длины и скорости необходимо прокрутить петлю на стенде не менее 100 оборотов. Счёт оборотов осуществлять визуально по каждому прохождению маркера петли мимо точки отсчёта «0» на стенде. Снять показания скорости после установления её показаний на электронном счётчике. При достижении количества оборотов 100 отключить привод стенда одновременно с секундомером. Если маркер по инерции удалился от точки отсчета «0» на стенде вернуть его туда в ручную (так как счётчик «Дельта 2.43» реверсивный при возврате маркера он отнимет от общей длины, посчитанную лишнюю длину), после чего снять показания длины со счётчика. Исходя из показаний секундомера измеренной длины петли и измерений снятых с электронного счётчика «Дельта 2.43» рассчитать его погрешность по длине (на 1000 м пробега) и по скорости (в %).

3.9.6 Если погрешность прибора превышает допустимую погрешность заявленную производителем, то необходимо в соответствии с п. 3.7 рассчитать и ввести в прибор соответствующую корректирующую

поправку после чего проверить результат повторив действия описанные в предидущем пункте.

3.9.7 Установить каким образом на погрешность измерения длины влияет скорость движения измеряемого кабеля для чего погрешность необходимо определить на трёх различных скоростях движения петли 50, 100, и 150 м/мин.

3.10 Требования к содержанию отчета.

3.10.1 Название и цель работы.

3.10.2 Необходимые графики и зависимости.

3.10.3 Вычисления и расчёты.

3.10.4 Анализ полученных результатов, основные выводы по работе

4 Высоковольтные испытатели изоляции и оболочек кабельных изделий на проход.

Цель работы

Ознакомится с методами и аппаратурой электроискрового динамического контроля целостности изоляции электрического кабеля. Получить навыки проведения таких испытаний с использованием реального высоковольтного испытателя изоляции и макета технологической линии.

Программа работы

- 2.1. Ознакомится с методикой проведения высоковольтных испытаний изложенной в требованиях ГОСТа 2990-78 и ГОСТа 23286-78, а также в теоретической части данного пособия.
- 2.2. Ознакомиться с особенностями работы высоковольтного испытателя изоляции «Корона- ЗАСИ-М» с помощью руководства по эксплуатации к данному аппарату.
- 2.3. Произвести опробование испытателя в соответствии с п. 7 руководства по эксплуатации высоковольтного испытателя «Корона-ЗАСИ-М».
- 2.4. Произвести испытания на целостность изоляции кабельного изделия на макете технологической линии.
- 2.5. Снять зависимость количества выявленных дефектов N_{def} от величины испытательного напряжения $U_{исп}$ для кабелей с различной толщиной изоляции.
- 2.6. Снять зависимость количества выявленных дефектов N_{def} от скорости движения испытываемого кабеля $v_{исп}$.
- 2.7. Изучить характер зависимости количества выявленных дефектов N_{def} от положения дефектных участков в электродном узле при различных испытательных напряжениях.
- 2.8. Оформить отчет.

4.1 Общие сведения о высоковольтных испытаниях изоляции и оболочек кабельных изделий непосредственно на производственной линии

Одной из наиболее часто встречающихся операций технологического процесса кабельного производства является наложение изоляции или защитных покрытий, имеющих изоляционные свойства.

После наложения изоляции обязательными технологическими операциями являются проверка ее качества (однородности, целостности) и устранение выявленных дефектов. Наиболее эффективным методом контроля и наиболее широко распространенным является метод испытания изоляции путем приложения заданного значения напряжения [5.14, 5.25]. При производстве кабельных изделий контроль качества электрической изоляции производится посредством испытаний напряжением на проход в соответствии с ГОСТ 2990 [5.15]. Величины испытательных напряжений выбраны так, чтобы, не ухудшая качества здоровой изоляции, выявить в ней грубые дефекты (ГОСТ 23286 [5.16]).

Испытание происходит с помощью аппаратов сухих испытаний (АСИ), их называют так же высоковольтными испытателями, либо искровыми тестерами (*spark tester*-заруб.). Такие аппараты устанавливаются непосредственно на изолирующей установке.

При испытаниях изолированная жила или провод проходят через электрод, куда подается высокое напряжение (как правило, не более 50 кВ). При этом жила кабеля заземляется. При попадании дефекта под высокое напряжение происходит электрический пробой. Серия пробоев или один длительный пробой свидетельствуют о неправильном технологическом режиме и появлении массового брака. Схема проведения данных испытаний приведена на рисунке 4.1.1.

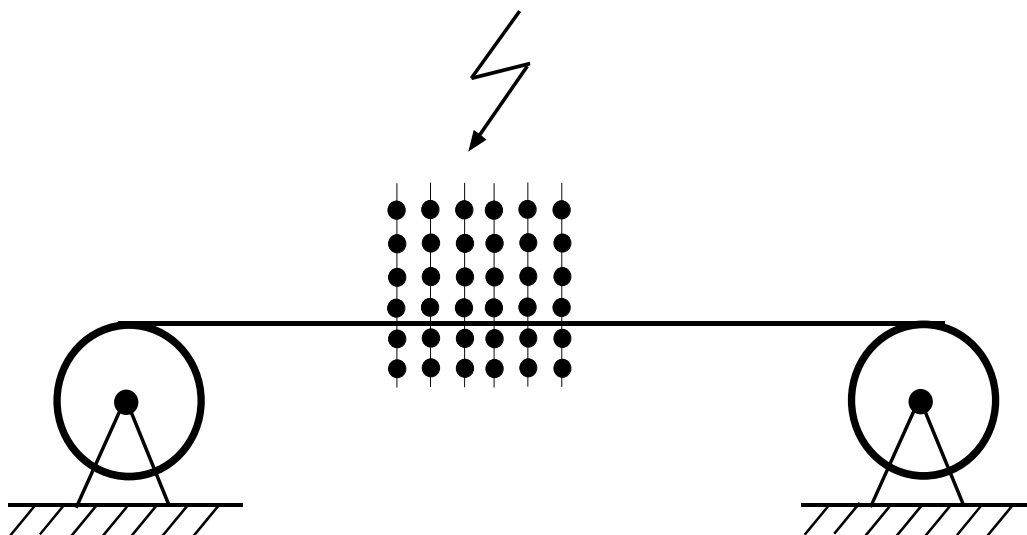


Рисунок 4.1.1 - Схема высоковольтных испытаний «на проход»

Виды дефектов изоляции кабеля, выявляемые динамическими испытаниями высоким напряжением. Основной причиной возникновения дефектов в изоляции кабеля являются включения посторонних частиц или воздушных пузырьков (на рисунке 4.1.2 приведены примеры дефектов в изоляции).

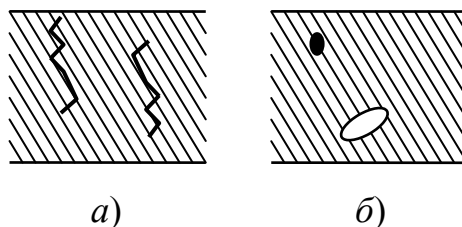


Рисунок 4.1.2 – Примеры дефектов в изоляции
а – трещины; б - пузыри или вкрапления

Возможно также наличие участков с полным отсутствием изоляции, так называемая «голая жила». Наличием участков с голой жилой является следствием перезапуска линии или грубого нарушения технологии (окончание в экструдере изоляционного материала). Возможен другой тип дефекта - утонение изоляции. Такой дефект определяется высоковольтными испытаниями, но уже испытаниями по категории «ЭИ-1» - статическими, как правило, водными. Испытания по категории «ЭИ-1» проводятся на конечном этапе производства непосредственно всей бухты. Испытания происходят следующим образом: готовое изделие, электрический кабель в бухте, помещается в наполненную водой емкость (рисунок 4.1.3) и выдерживается некоторое время, длительность которого определяется техническими условиями или ГОСТом на данное изделие (как правило, 2 часа). Это время необходимо для проникновения воды во все промежутки между слоями намотанного на бухту кабеля. Емкость с водой выполнена из металла и заземлена. Для высокого напряжения вода является проводником и поэтому она образует электрод, облегающий всю поверхность изоляции или оболочки испытуемого кабеля. Высокое напряжение прикладывается к токопроводящей жиле или броне кабеля.

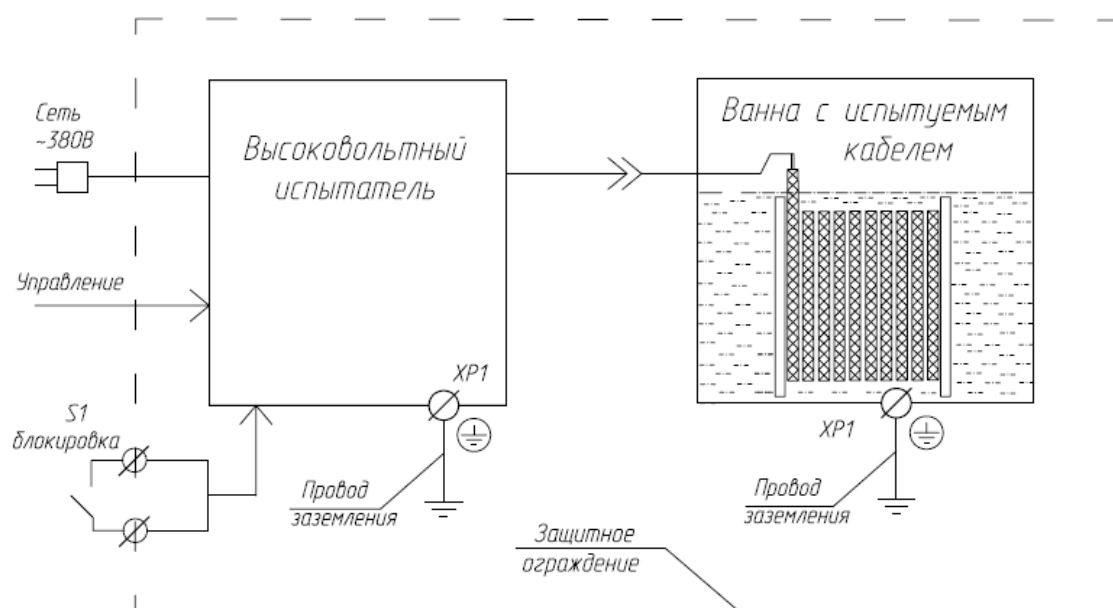


Рисунок 4.1.3 - Схема проведения водных высоковольтных испытаний по категории «ЭИ-1»

В течение нескольких минут (длительность определяется техническими условиями или ГОСТом на данное изделие) происходит испытание высоким напряжением. Если не произошел пробой изоляции или оболочки, то считается, что изделие успешно прошло испытание. Для некоторых видов кабельных изделий проводятся сухие испытания по категории «ЭИ-1», что зависит от конструкции кабеля. Сухие испытания можно проводить, если необходимо контролировать изоляцию, электроды на поверхности которой образованы элементами конструкции. Например, испытания изоляционного слоя между токопроводящей жилой и броней. Примеры таких подключений показаны на рисунке 4.1.4.

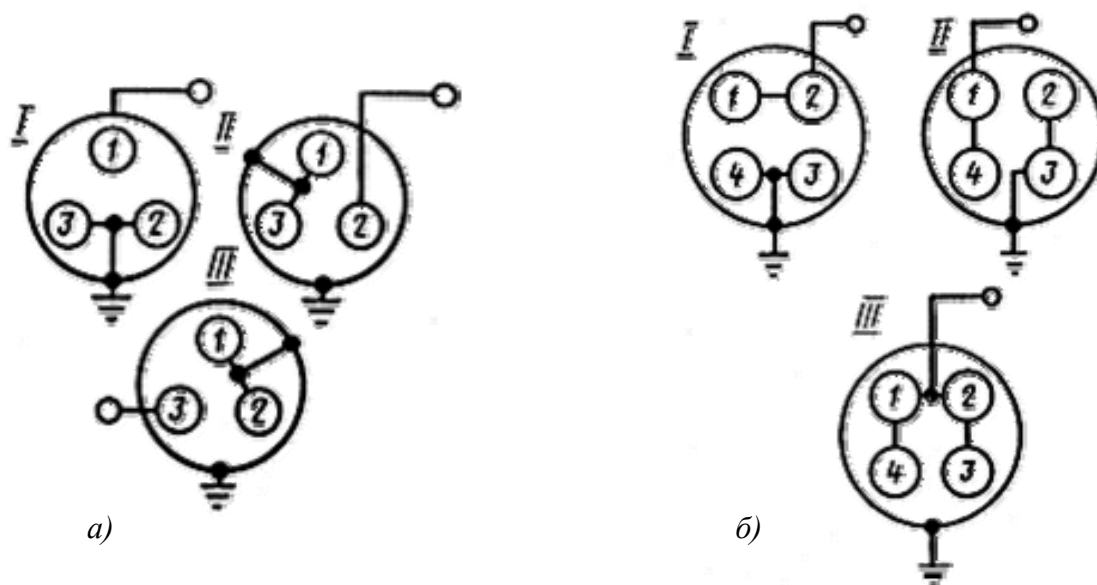


Рисунок 4.1.4. Варианты схемы сухих испытаний по категории «ЭИ-1» однофазным напряжением электрической изоляции кабельных изделий для трехжильных а) и четырех жильных б) кабелей

Способность обнаруживать такие дефекты, как утонение изоляции или изменение структуры материала изоляции, существенно ухудшающее ее электроизоляционные свойства, является достоинством данного метода испытаний по сравнению испытаниями по категории «ЭИ-2» [5.15]. Недостатком данного метода является, то, что контролируется не этап производства кабельного изделия, на котором еще возможно что-то изменить, а изделие целиком. В этом случае необходимы более существенные затраты на ремонт кабельного изделия. Также существенным недостатком данного метода является высокая стоимость оборудования и проведения самих испытаний. Высокая стоимость обусловлена большой мощностью испытательных станций, как правило, $Q = 100 \div 300$ кВАр, при испытательных напряжениях $U_{исп} = 3 \div 20$ кВ, значительными габаритами и высокими требованиями к безопасности при работе с таким оборудованием. Высокая мощность обусловлена высокой электрической емкостью контролируемой изоляции, составляющей, как правило, единицы микрофард, высоким испытательным напряжением и требованием стандартов испытывать напряжением частотой $f_{исп} = 50$ Гц. Изоляцию или оболочку некоторых кабельных изделий возможно испытывать постоянным напряжением, что также регламентируется стандартами. В этом случае мощность испытательной установки может не превышать Q

= 0,1 кВАр, что приводит к снижению ее стоимости и повышает безопасность работы с ней.

Самыми сложными для обнаружения являются дефекты с посторонними включениями или воздушными пузырьками. Сложность обнаружения подобных дефектов заключается в том, что в связи с их малой протяженностью вдоль кабеля время нахождения их в электродном узле испытателя может занимать время в единицы миллисекунд. При этом подобные дефекты не всегда имеют сквозной характер, то есть не всегда пронизывают всю толщину изоляции.

Дефекты, размеры которых значительно меньше толщины изоляции не приводят к возникновению электрической искры. В изоляции с подобными дефектами возникают частичные разряды. Для обнаружения таких дефектов применяется специальная аппаратура и методики испытаний. Проверка изоляции на частичные разряды применяется, как правило, в процессе эксплуатации. На производственных линиях, искровыми испытаниями обнаруживаются сквозные дефекты или дефекты, имеющие глубину близкой к толщине изоляции. Таким образом, несколько сужена область применения метода.

В РФ нормы испытательных напряжений, как для статических (категория «ЭИ-1»), так и динамических (на проход- категория «ЭИ-2») испытаний регламентируются стандартом ГОСТ 23286-78. «Кабели, провода и шнуры. Нормы толщин изоляции, оболочек и испытаний напряжением». В таблице 4.1.1 приводятся пиковые значения испытательного напряжения в зависимости от толщины и вида оболочки или защитного шланга для кабельных изделий с резиновой и пластмассовой оболочкой или защитным шлангом по категории ЭИ-2 (на проход) [5.16].

Таблица 4.1.1 - Величины испытательных напряжений для различных толщин изоляции.

Номинальная толщина изоляции, мм	Пиковое значение испытательного напряжения, кВ	
	Резиновая изоляция	Пластмассовая изоляция
1	2	3
0,20	-	4
0,25	-	5
0,30	-	6
0,35	-	7
0,40	-	8
0,45	-	9
0,50	-	10

0,55	-	11
0,60	6	12
0,70	7	14
0,80	8	16
0,90	9	17
1,00	10	18
1,10	11	19
1,20	12	20
1,30	13	21
1,40	14	22
1,50	15	23
1,60	16	24
1,70	17	25
1,80	18	26
1,90	19	27
2,00	20	28
2,10	21	29
2,20	22	30
2,30	23	31
2,40	24	32
2,50	25	33
2,60	26	34
2,70	27	35
2,80	28	36
2,90	29	37
3,00	30	38
3,10	31	39
3,20	32	-
3,30	33	-
3,40	34	-
3,50	35	40
3,60	36	
3,70	37	
3,80	38	
3,90	39	
4,00	40	

Из приведенной таблицы видно, что испытательные напряжения для резиновой изоляции соответствуют 10 кВ/мм, а для пластмассовой

11,4 ÷ 20 кВ/мм, не зависимо от формы и частоты испытательного напряжения. В отличии от стандартов РФ в стандартах Западной Европы и США помимо толщины изоляции на величину испытательного напряжения влияет форма испытательного напряжения, а материал изоляции нет. Пример таблицы с требованиями о выборе величины испытательного напряжения приведен в таблице № 4.1.2 [5.20]. Для высокочастотной синусоиды (500 Гц ÷ 4 кГц) испытательные напряжения составляют 7 кВ/мм действующего значения, то есть 9,9 кВ/мм амплитудного значения. Для постоянного напряжения испытательные напряжения составляют 9 кВ/мм.

Таблица 4.1.2. Значения испытательных напряжений по категории «ЭИ-2» в соответствии со стандартом BS5099-2004

Tabulated radial thickness of insulation ^a		Test voltage			
Above mm	Up to and including mm	a.c. kV	d.c. kV	h.f. (r.m.s.) kV	pulse kV
—	0.25	3	5	4	5
0.25	0.50	5	7	6	7
0.50	0.75	6	9	7	9
0.75	1.00	7	11	8	11
1.00	1.25	9	13	10 ^b	13
1.25	1.50	10	15	11 ^b	15
1.50	1.75	12	17	13 ^b	17
1.75	2.00	13	20	14 ^b	20
2.00	2.25	14	22	15 ^b	—
2.25	2.50	16	24	17 ^b	—
2.50	2.75	17	26	18 ^b	—
2.75	3.00	19	28	20 ^b	—
3.00	—	25	38	—	—

^a The tabulated radial thickness is that specified in the relevant tables of the appropriate cable standard. Where more than one thickness is given, the minimum value shall be used.

^b High frequency (h.f.) voltage testing for layer thickness greater than 1.0 mm should be limited to frequencies between 500 Hz and 4 kHz.

Пробивные напряжения для резиновой изоляции составляет не менее 20 кВ/мм, для пластмассовой изоляции не менее 30 кВ/мм, для электрокартона не менее 40 кВ/мм, а для фторопластовой изоляции не менее 50 кВ/мм [5.18, 5.28].

Уровни пробивных напряжений превышают уровни испытательных напряжений, как правило, в 3...10 раз. С учетом вышесказанного следует говорить о том, что данным видом контроля выявляются лишь явные дефекты изоляции, многократно снижающие электрическую прочность изоляции, такие как, например трещины или поры, пронизывающие всю или почти всю толщину изоляции. Многократные эксперименты показали, что искровыми испытаниями можно выявлять и неглубокие дефекты, однако для этого требуется

высокая чувствительность детекторов пробоя, улавливающие небольшое изменение тока через контролируемую изоляцию. Устройства с подобными детекторами обладают соответственно низкой помехоустойчивостью, что отрицательно сказывается на достоверности контроля. Высокий уровень помех, воздействующий на детектор пробоя изоляции, входящий в состав высоковольтного испытателя, обуславливается двумя причинами:

- большой протяженностью (10...30 м) контура заземления жилы испытуемого кабеля, который в этом случае является хорошим приемником промышленных помех;
- не идеальностью электродного узла, по средствам которого происходит приложение высокого напряжения к испытуемой изоляции, что приводит к броскам тока через испытуемый участок изоляции.

В Российских, общеевропейских и международных стандартах и в стандартах Великобритании не описываются дефекты изоляции кабеля с их геометрией, неоднородностью и другими параметрами, которые должны однозначно распознаваться динамическими высоковольтными испытаниями. Таким образом, нет четкого определения контролируемого дефекта. Однако следует отметить, что в стандартах BS EN 50356:2002 «Method for spark testing of cables» и CEI/IEC 62230:2006. Electric cables – Spark-test method есть указания по уровню тока, для конкретного типа испытателя, который он должен однозначно распознавать как дефект. Но в требованиях границы сильно размыты как, например, для испытателей с синусоидальным напряжением промышленной частоты и высокой частоты ток срабатывания детектора пробоя может составлять от 0,5 до 10 миллиампер, в зависимости от параметров контроля [5.19].

В связи с описанными выше фактами для проведения анализа работы высоковольтных испытателей по категории «ЭИ-2» в качестве модели дефекта принимается тонкий сквозной дефект, выполненный тонкой иглой. В случае статических испытаний (по категории «ЭИ-1») определение дефекта происходит более однозначно. Испытуемая изоляции кабельного изделия выдерживается под высоким напряжением в течении нескольких минут под источником мощностью от десятков до сотен киловатт. В этом случае при пробое изоляции происходит выделение значительной энергии и прогару дефектного места.

Выявляемость дефектов изоляции кабельных изделий при испытаниях высоким напряжением различной частоты по категории «ЭИ-2»

Ниже приводятся результаты испытаний изоляции некоторых образцов кабельных изделий переменным высокочастотным напряжением, переменным частотой 50 Гц и постоянным напряжением.

Для начала необходимо рассмотреть зависимость пробивного напряжения воздушных промежутков от частоты синусоидального напряжения в рабочем диапазоне частот от 0 до 5 кГц. На сегодняшний момент высоковольтные испытатели работают на частотах, как правило, до 3 кГц. Хотя некоторые производители начали вывод на рынок испытателей работающих на частоте 4,5 кГц. Зависимость снималась при температуре воздуха $t=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 55%. В качестве электродов использовались металлические шары диаметром 16 мм из стали марки ШХ15. Таким образом, радиус электродов много больше расстояния между ними, что необходимо для обеспечения однородности электрического поля [5.29]. На рисунке 4.1.5 приведена зависимость пробивного напряжения от частоты для различных размеров воздушных промежутков. Значения напряжений амплитудные.

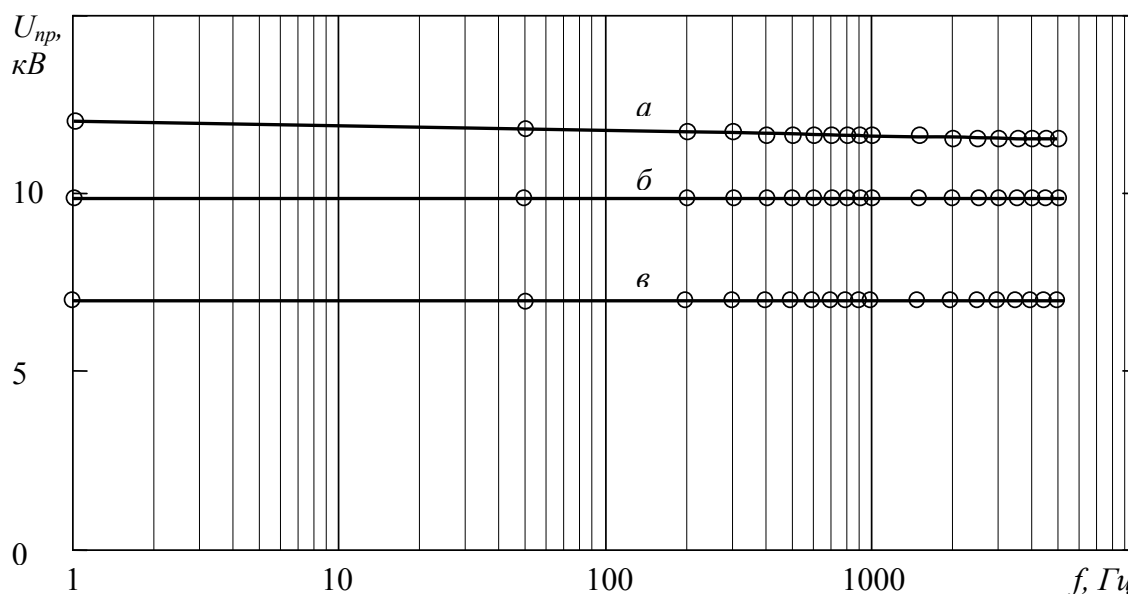


Рисунок 4.1.5 - Зависимость пробивного напряжения от частоты высокого напряжения для воздушных промежутков различных размеров: а- 2.8 мм, б- 2 мм, в- 1.2 мм.

Из приведенных зависимостей видно, что в рабочем для высоковольтных испытателей диапазоне частот пробивное напряжение

воздушных промежутков от частоты практически не зависит и составляет $E_{np} = 4 \dots 6$ кВ/мм. Причем с увеличением величины воздушного промежутка напряженность пробоя уменьшается, так для промежутка размером $\delta = 1,2$ мм $E_{np} = 5,8$ кВ/мм, для $\delta = 2$ мм $E_{np} = 4,9$ кВ/мм, а для $\delta = 2,8$ мм $E_{np} = 4,15$ кВ/мм. Изменялась и форма напряжения, то есть содержание высших гармоник в синусоидальном сигнале. Оказалось, что значение пробивного напряжения не зависит от формы и действующего значения испытательного напряжения, а только от его амплитуды. Происходит это потому, что электрический пробой в газах протекает за время от 10^{-8} до 10^{-7} с [5.29], а более медленный тепловой пробой происходит только в твердых диэлектриках. Отсюда следует вывод, что в статике для воздушных промежутков в диапазоне частот испытательных напряжений от 0 до 5 кГц следует говорить об амплитуде напряжения, а не о его действующем или среднем за полупериод значении.

На рисунке 4.1.6 приведены зависимости пробивного напряжения от частоты для монтажных проводов *НВ1 1x1,8* и *МГТФ 1x0,07*. Значение напряжения амплитудные. Форма напряжения – синусоида. Начальное значение частоты на оси абсцисс 0 Гц, то есть постоянное напряжение.

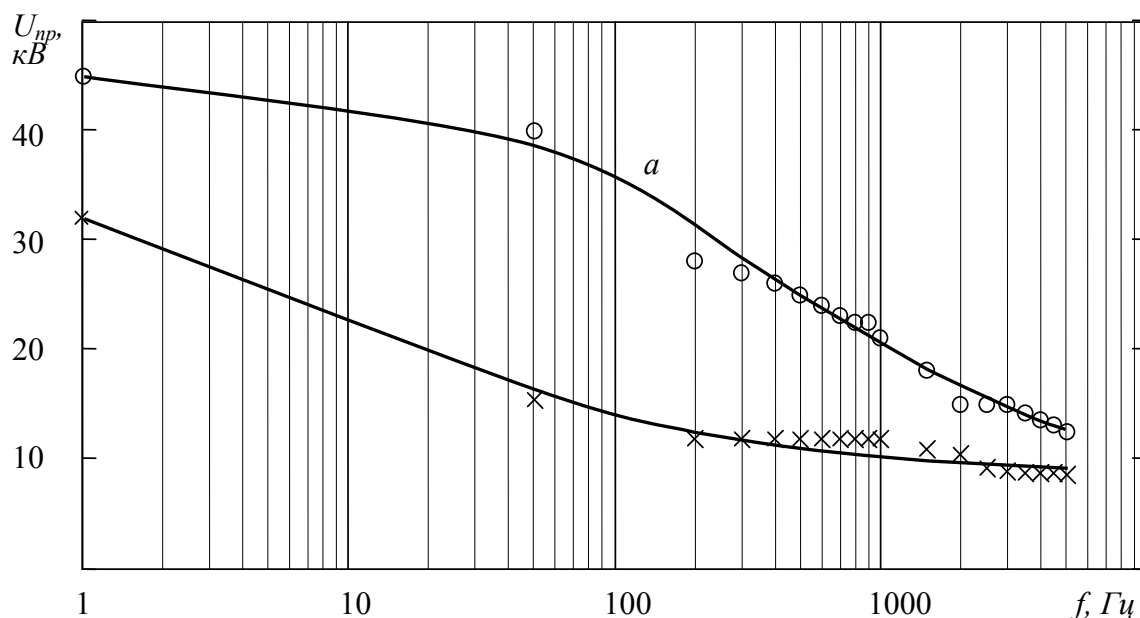


Рисунок 4.1.6 - Зависимость пробивного напряжения от частоты высокого напряжения для монтажных проводов *НВ1 1x1,8* а) и для *МГТФ 1x0,07* б)

Из приведенных зависимостей видно, что частота испытательного напряжения будет оказывать серьезное влияние на ход испытания изоляции. Пробивное постоянное напряжение превышает пробивное напряжение частотой 5 кГц в 3...5 раз. Происходит это по причине увеличения диэлектрических потерь с ростом частоты, как правило, обратно пропорционально величине $\sqrt{f}$ [50]. Результаты экспериментов показывают, что если необходимо обнаруживать несквозные дефекты (содержавшие тонкий слой изоляции), то эффективней это будет делать переменным высокочастотным напряжением. В этом случае понадобится испытательное напряжение со значительно меньшим действующим значением.

Приведенные выше зависимости были сняты при длительных воздействиях на изоляцию проводов, более 5 с. Реальные испытания «на проход» являются динамическими со временем приложения напряжения от единиц до сотен миллисекунд. По стандартам BS EN 50356 и CEI/IEC 62230:2006 время воздействия может быть и меньше 1 мс, хотя на рынке испытателей с таким временем воздействия не встречаются. По ГОСТ 2990 время испытаний не может быть менее 2 мс для высокочастотных испытателей и не менее 50 мс для испытателей с высоким напряжением частотой 50 Гц.

На пробой изоляции существенное влияние оказывает и время приложения испытательного напряжения. Происходит это по той причине, что разогрев диэлектрика зависит от времени приложения испытательного напряжения. На рисунке 4.1.7 приведена зависимость пробивного напряжения от времени приложения испытательного напряжения для изоляции из поливинилхлоридного пластика провода телефонного кабеля *ТСВ 20х2х0,5*. Время воздействия выбиралось исходя из практики высоковольтных испытаний на экструзионных линиях. Воздействующее напряжение – синусоида частотой 3 кГц.

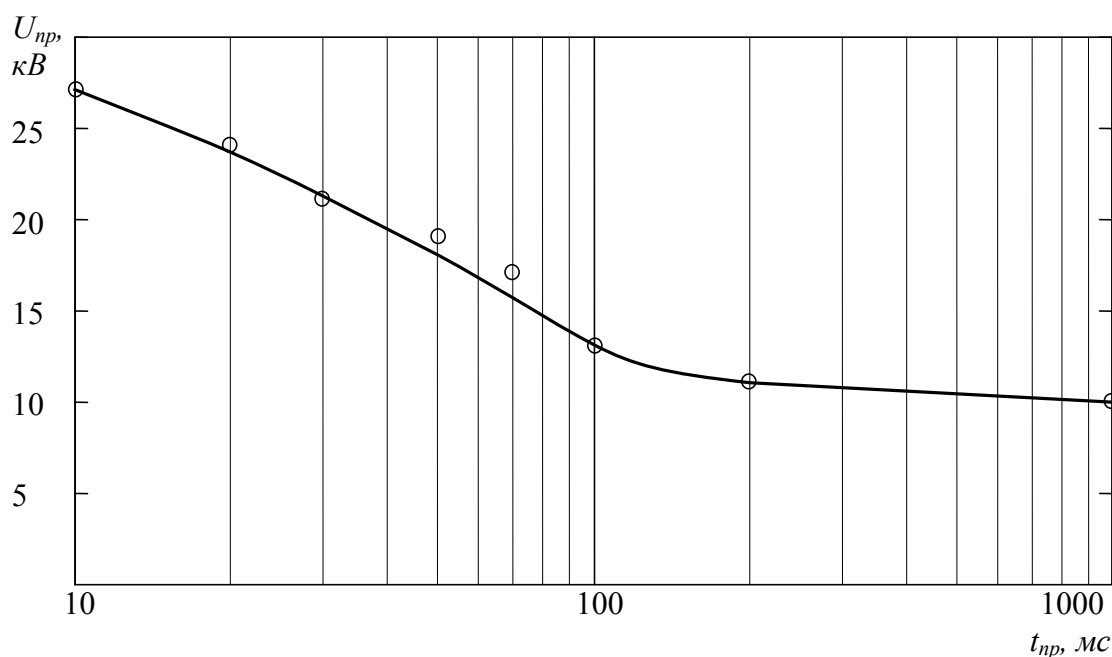


Рисунок 4.1.7 - Зависимость пробивного напряжения от времени приложения испытательного напряжения для изоляции из поливинилхлоридного пластика провода телефонного кабеля *TСВ 20х2х0,5*

Из приведенной на рисунке 4.1.7 зависимости видно, что с увеличением времени воздействия на изоляцию высокого напряжения пробивное напряжение снижается по причине увеличения в ней диэлектрических потерь. Это в свою очередь говорит о том, что при выборе величины испытательного напряжения мало учитывать материал и толщину изоляции необходимо также учитывать и скорость работы экструзионной линии. На кабельных предприятиях принято считать, что высоким испытания напряжением частотой 50 Гц более достоверны, нежели испытания повешенной частотой (сотни герц, единицы килогерц). В особо ответственных случаях стараются использовать высоковольтные испытатели с частотой контролирующего напряжения 50 Гц. Если обратиться к зависимостям пробивного напряжения от частоты для изоляции кабельных изделий, рисунок 6, то можно увидеть, что с ростом частоты пробивное напряжение уменьшается. В свою очередь это означает, что при том же испытательном напряжении достоверность контроля высокочастотным напряжением должна быть выше достоверности контроля напряжением частотой 50 Гц. Качество электродного узла, которое также влияет на достоверность контроля, с ростом частоты только улучшается, так как увеличивается корона вокруг контролируемого кабеля или провода. Почему же в некоторых случаях достоверность контроля на частоте 50

Гц выше, чем на высокой частоте? Вероятно причина этому - разное время воздействия на испытываемую изоляцию высоким напряжением. Как зарубежные, так и российские стандарты привязываются в первую очередь к количеству периодов испытательного напряжения, а не к длительности воздействия. Ряд зарубежных стандартов устанавливают количество периодов равное 2.5, 3 или значительно реже 5, без ограничения по времени. В стандарте РФ ГОСТ 2990 требования к высокочастотным испытаниям сводятся к приложению напряжения не менее 3-х периодов и одновременно к времени не менее 2 мс, для испытаний напряжением частотой 50 Гц время приложения должно быть не менее 50 мс, то есть не менее 2.5 периодов. Более высокая достоверность контроля напряжением частотой 50 Гц обеспечивается большей длительностью приложенного напряжения. Для выравнивания качества контроля необходимо, что бы испытательное напряжение при высокочастотных испытаниях было несколько выше, чем при испытаниях на 50 Гц, что, к сожалению, ГОСТ 2990 не учитывает. Вероятно по этой причине в стандартах BS EN 50356, Cenelec TC 20 и CEI/IEC 62230:2006 величины испытательных напряжений высокой частоты выше величин напряжений 50 Гц на 1 кВ действующего значения во всем диапазоне толщин изоляций и испытательных напряжений.

Для сравнения возможностей испытаний высоким напряжением различной частоты по категории «ЭИ-2» ниже приведены результаты контроля в изоляции проводов кабеля связи *КСПВ 4х0,12*. На рисунке 4.1.8 приводятся результаты испытаний, с электродным узлом типа "бусинковая цепочка". Такая форма электродного узла является наиболее распространенной в испытателях методом контроля «на проход» и применяется в более чем 90 % случаях. Данная конструкция электродного узла рекомендована стандартами [5.19, 5.20, 5.21].

Длина электродного узла составляла $l_{узда}=150$ мм, время нахождения контролируемого участка изоляции в электродном узле $t=10$ мс, а скорость движения провода $v=900$ м/мин. Дефектный участок изоляции каждого провода пропускаться через электродный узел по 100 раз для каждого вида и величины испытательного напряжения. Величина напряжения изменялась от максимальной к минимальной. В качестве детектора дефекта использовался датчик максимального тока в цепи электродного узла. Чувствительность детектора устанавливалась для каждого вида испытаний отдельно и была максимально возможной, с которой при прохождении бездефектного участка изоляции через электродный узел в количестве 100 раз не происходило ни одного ложного срабатывания. При малых испытательных напряжениях, когда качество электродного узла оказывает существенное влияние на

достоверность контроля, положение дефектного участка относительно оси движения провода изменялось при каждом проходе. Это необходимо было для снижения влияния положения дефекта относительно бусинок электродного узла на результаты эксперимента. Конструкция электродного узла и положение испытуемого провода в нем показана на рисунке 4.1.9. На рисунке 4.1.8 по осям ординат отложены величины испытательного напряжения, а по осям абсцисс количество зафиксированных дефектов.

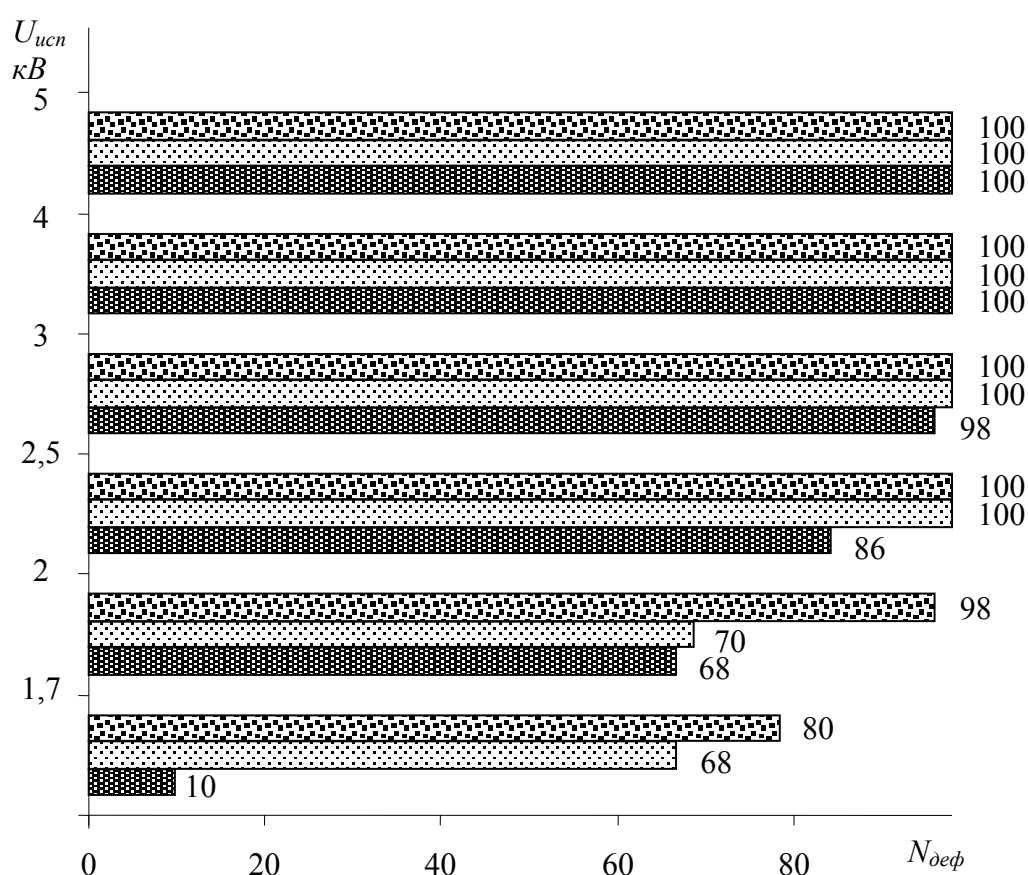


Рисунок 4.1.8 - Статистика динамических испытаний проводов кабеля связи КСПВ 4х0,12 переменным высокочастотным напряжением (ряд ) , переменным напряжением частотой 50 Гц (ряд ) и постоянным напряжением (ряд )

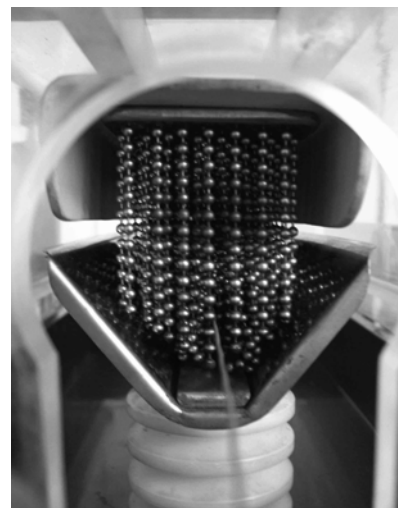
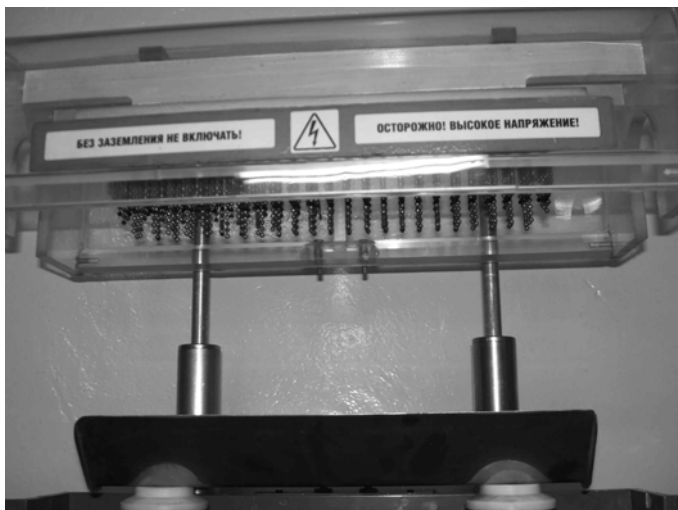
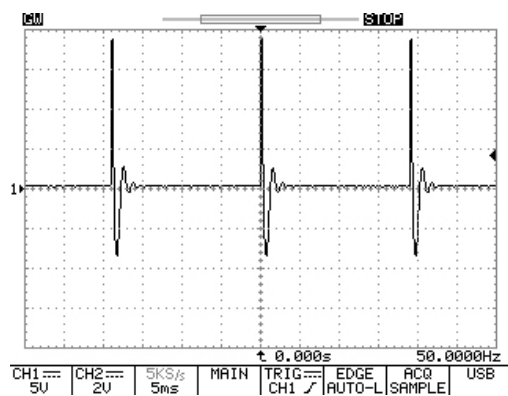
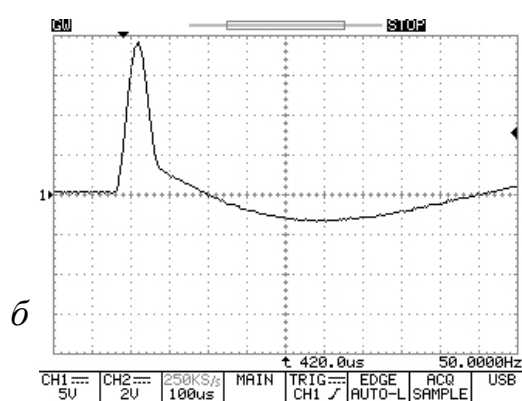


Рисунок 4.1.9 - Конструкция электродного узла и положение испытываемого провода в нем

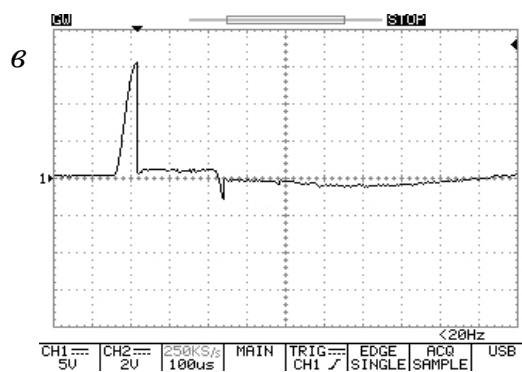


a



б

Рисунок 4.1.10.
Осциллограммы
испытательного напряжения в
аппарате типа ИАСИ после
делителя 1000:1,
a) на нескольких периодах;
б) на одном периоде;
в) на одном периоде при
пробое изоляции



в

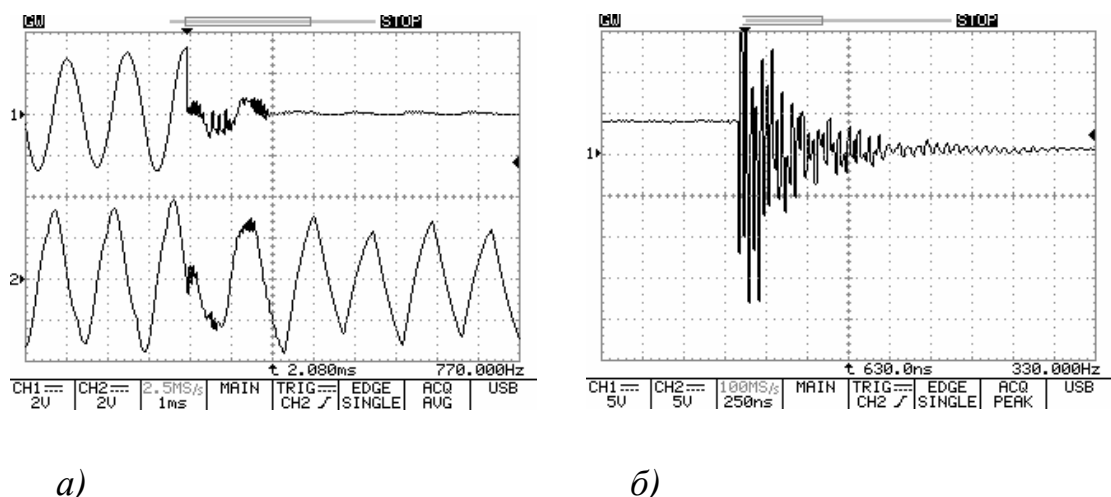


Рисунок 4.1.11. Осциллограммы испытательного напряжения и тока при испытаниях изоляции кабеля аппаратом типа ЗАСИ:

- а) 1 напряжение после делителя 1000:1;
 2 ток через испытываемую изоляцию, 1 вольт соответствует 10 мА;
 б) 1 напряжение после делителя 1000:1 на малом участке времени

В России аппараты сухих испытаний разделяют по типам [5.25]: ИАСИ (импульсный аппарат сухих испытаний), ЗАСИ (звукочастотный аппарат сухих испытаний, частота испытательного напряжения- сотни герц ÷ единицы килогерц), АСИП (аппарат сухих испытаний промышленной частоты 50 Гц). Встречаются также аппараты с постоянным испытательным напряжением, однако их использование запрещает действующий стандарт ГОСТ 2990. Аппараты типа ИАСИ и АСИП обладают высокой нагрузочной способностью и низким быстродействием. Они применяются для испытаний изоляции и оболочек силовых кабелей. Аппараты типа ЗАСИ используются на скоростных линиях для контроля тонких проводов.

Аппарат для испытания изолированных жил на проход напряжением состоит из двух основных частей: источника испытательного напряжения и блока регистрации пробоев.

В большинстве случаев в аппаратах АСИ применяются электроды в виде многочисленных гибких нитей из шариков - бусинок. Гораздо реже применяются игольчатые и цилиндрические электроды.

АСИ в России серийно выпускает предприятие «Эрмис+» г. Томск [5.31]. Технические параметры приборов охватывают основную номенклатуру кабельных изделий, выпускаемых в России. Их краткие характеристики приведены в таблице 4.1.3.

Таблица 4.1.3. Краткие характеристики высоковольтных испытателей изоляции, выпускаемых ООО «Эрмис+»

Обозначение аппарата	Форма и частота испытательного напряжения	Диапазон установки испытательного напряжения	Допустимый диаметр проверяемого кабеля	Допустимая скорость движения кабеля	Допустимая нагрузка на электродный узел	Вид испытаний
Корона-1	Синусоида 0,7...1 кГц	1,5...15 кВ	15 мм	1200 м/мин	200 пФ 10 МОм	"на проход", категория ЭИ-2
Корона-2	Синусоида 0,7...1 кГц	3...30 кВ	15 мм	1200 м/мин	200 пФ 10 МОм	"на проход", категория ЭИ-2
Корона-ЗАСИ-15/30	Синусоида 0,7...1 кГц	1,5...15 кВ	30 мм	1800 м/мин	200 пФ 10 МОм	"на проход", категория ЭИ-2
Корона-ЗАСИ-30/30	Синусоида 0,7...1 кГц	3...30 кВ	30 мм	1800 м/мин	200 пФ 10 МОм	"на проход", категория ЭИ-2
Корона-ПЧ-15/30	Синусоида 50 Гц	1,5...15 кВ	30 мм	300 м/мин	300 пФ 3 МОм	"на проход", категория ЭИ-2
Корона-ПЧ-30/30	Синусоида 50 Гц	3...30 кВ	30 мм	300 м/мин	300 пФ 3 МОм	"на проход", категория ЭИ-2
Корона-ИАСИ-40/30	Импульсы (50..100) Гц	6...40 кВ	30 мм	300 м/мин	300 пФ 3 МОм	"на проход", категория ЭИ-2
Корона-ПН-20/250	Постоянное положительное напряжение	5...20 кВ	Не имеет значения	Статическое испытание	6 мкФ 250 МОм	стационарные водные, категория ЭИ-1
Корона-ЗАСИ-15Р	Синусоида 700 Гц	1,5...15 кВ	30 мм	1800 м/мин	300 пФ 10 МОм	"на проход", категория

Корона-ЗАСИ-30P	Синусоида 700 Гц	3...30 кВ	30 мм	1800 м/мин	300 пФ 10 МОм	ЭИ-2 "на проход", категория ЭИ-2
-----------------	---------------------	-----------	-------	---------------	------------------	--

Типовая структурная схема высоковольтного испытателя приведена на рисунке 12.

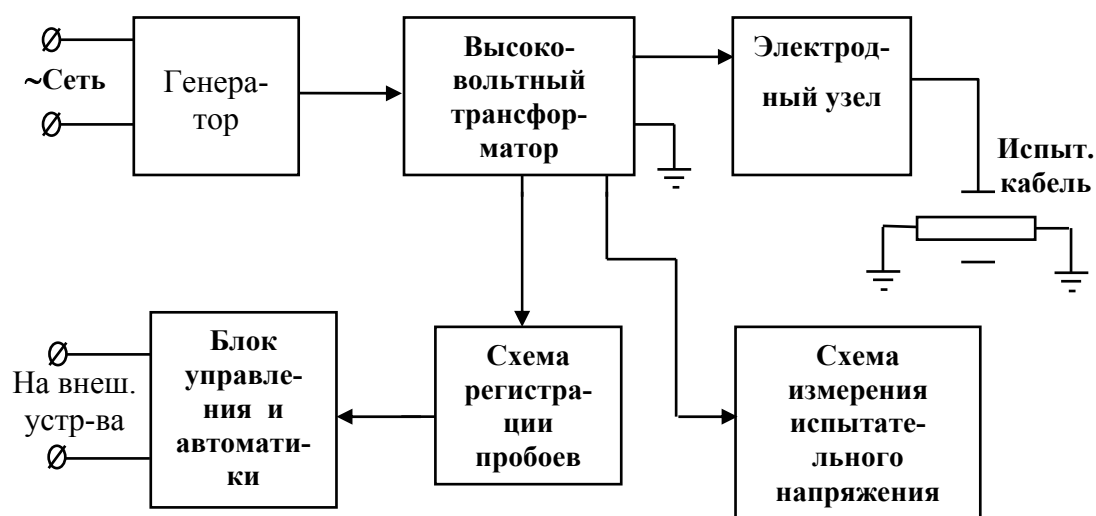


Рисунок 4.1.12. Типовая структурная схема высоковольтного испытателя

4.2 Описание высоковольтного аппарата «Корона-ЗАСИ-М», используемого в работе

4.2.1 Метрологические характеристики

4.2.1.1 Форма и частота испытательного напряжения – синусоида, 2 кГц.

4.2.1.2 Амплитуда испытательного напряжения, регулируемая в следующих пределах от 1,5 кВ до 10 кВ:

4.2.1.3 Изменение испытательного напряжения при изменениях напряжения питающей сети в пределах (220 ± 22) В...не более $\pm 5\%$

4.2.1.4 Изменение испытательного напряжения при номинальной активной нагрузке и при изменениях емкости нагрузки в пределах $\pm 10\%$ от номинальной.....не более $\pm 5\%$

4.2.1.5 Погрешность измерения амплитуды испытательного напряженияне более $\pm 5\%$

4.2.1.6 Длительность регистрируемых пробоевот 0,2 мс и более.

4.3 Устройство и принцип действия

4.3.1 Принцип действия испытателя

В основу работы испытателя положен принцип отыскания дефектов изоляции кабельного изделия по факту пробоя изоляции переменным испытательным напряжением звуковой частоты.

Перед испытаниями и в процессе их проведения токоведущая жила проверяемого кабельного изделия должна быть заземлена. Высокое испытательное напряжение вырабатывается электрической схемой испытателя и действует между землей и электродным узлом.

С помощью электродного узла испытательное напряжение прикладывается к поверхности изоляции проверяемого кабельного изделия, а точнее к участку изоляции, находящемуся в электродном узле. За счет движения кабеля, обеспечиваемого внешним технологическим оборудованием, испытаниям подвергаются последовательно участки кабеля по всей его длине.

В момент прохождения дефектного места изоляции через электродный узел, возникает пробой изоляции. Пробой фиксируется по импульсу тока, протекающему через электродный узел на заземленную токоведущую жилу кабеля.

При пробое испытатель формирует электрический сигнал “Пробой” на внешнюю электроавтоматику, вырабатывает звуковой и световой сигналы пробоя, добавляет единицу к хранящемуся числу пробоев, подсчитанных ранее.

Если испытатель используется для контроля качества изоляции непосредственно в процессе изготовления кабеля и установлен на

экструзионной линии, или на линии непрерывной вулканизации, то на испытателе должен быть включен режим работы “Линия”. В этом режиме высокое испытательное напряжение в момент пробоя изоляции кратковременно снижается до безопасного уровня, а после выхода дефектного участка кабеля из электродного узла восстанавливается автоматически до прежнего значения.

При использовании испытателя на участке контрольной перемотки, где производится ремонт дефектных участков изоляции, включается режим работы “Перемотка”. В этом случае, в момент пробоя высокое напряжение автоматически выключается и может быть подано вновь только вручную, выключением и повторным нажатием кнопки **ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ**. Этим обеспечивается безопасность оператора во время ремонта дефектного участка изоляции кабеля.

При работе на экструзионной линии, в случае ее остановки, может быть использована функция дистанционного отключения высокого напряжения. Включение/выключение высокого напряжения осуществляется путем подачи/снятия соответственно напряжения ~220В на специальный разъем на задней панели блока индикации. Для включения данной функции необходимо на задней панели блока управления переключатель **ДИСТАНЦИОННОЕ ВЫКЛЮЧЕНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ** перевести в положение ВКЛ.

Испытатель обладает широким набором защит от перегрузок. В случае, если нагрузка испытателя превышает максимально допустимую (повышенная влажность или высокая проводимость и электрическая емкость изоляции) происходит ограничение выходной мощности, а значит и испытательного напряжения. При этом светится светодиод **ПЕРЕГРУЗКА** на передней панели блока управления, извещая тем самым персонал о необходимости принять необходимые меры по устранению причин перегрузки. В данном режиме испытатель может работать в течении нескольких часов, пока температура высоковольтного трансформатора не достигнет критического значения, при достижении которого сработает температурная защита и испытатель прекратит генерацию высокого напряжения. Время достижения критической температуры зависит от температуры окружающей среды. При срабатывании температурной защиты загорится светодиод **ПЕРЕГРУЗКА** на передней панели блока управления и в отличии от режима электрической перегрузки сработает звуковая сигнализация, которая используется для сигнализации режима пробоя изоляции. Совмещение световой и звуковой сигнализации необходимо для того, чтобы известить персонал о том, что испытание изоляции кабеля не происходит. Для отключения сигнализации

перегрузки необходимо переключить клавишу выключателя ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ВКЛ. Для того, что бы восстановить испытания необходимо:

- устранить причину перегрузки;
- дать «остыть» высоковольтному испытателю в течении как минимум 30 минут;
- включить высокое напряжение, нажав клавишу ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ВКЛ.

Испытатель имеет также защиту от короткого замыкания по высоковольтному выходу и способен работать в данном режиме неограниченное время. Защита осуществляется путем контроля сопротивления нагрузки и в случае его снижения до значения близкому к нулю переходит в «спящий режим» (выходная мощность не превышает 1 % от номинальной, выходной ток не превышает 3 мА). Как только сопротивление нагрузки восстанавливается высоковольтный аппарат выходит на рабочий режим испытаний.

Комплект испытателя содержит два основных блока: высоковольтный блок со встроенным электродным узлом, формирующий испытательное напряжение и блок индикации, выполняющий функции индикации и управления.

4.3.2 Конструкция блока управления

Блок управления осуществляет генерацию напряжения для последующего преобразования в высокое испытательное напряжение высоковольтным блоком, регулировку и измерение этого напряжения, регистрацию и счет числа пробоев, формирование сигнала ПРОБОЙ для внешней электроавтоматики, звуковую и световую сигнализацию пробоя. Также корректировку чувствительности аппарата к пробоям изоляции, управлением режимами «линия/перемотка», управление дистанционным выключением испытательного напряжения, защиту от перегрузок испытателя и индикацию режима перегрузки. Кроме того, блок обеспечивает гальваническую развязку схемы испытателя от промышленной сети и вырабатывает питающее напряжение для высоковольтного блока.

Крепление блока управления осуществляется на стойке "Ст-2.50" (позиция **22** рисунок 4.3.2.1), при помощи четырех гаек М6 (позиция **23**). Стойка блока управления крепится к стойке высоковольтного блока "Ст-1.50".

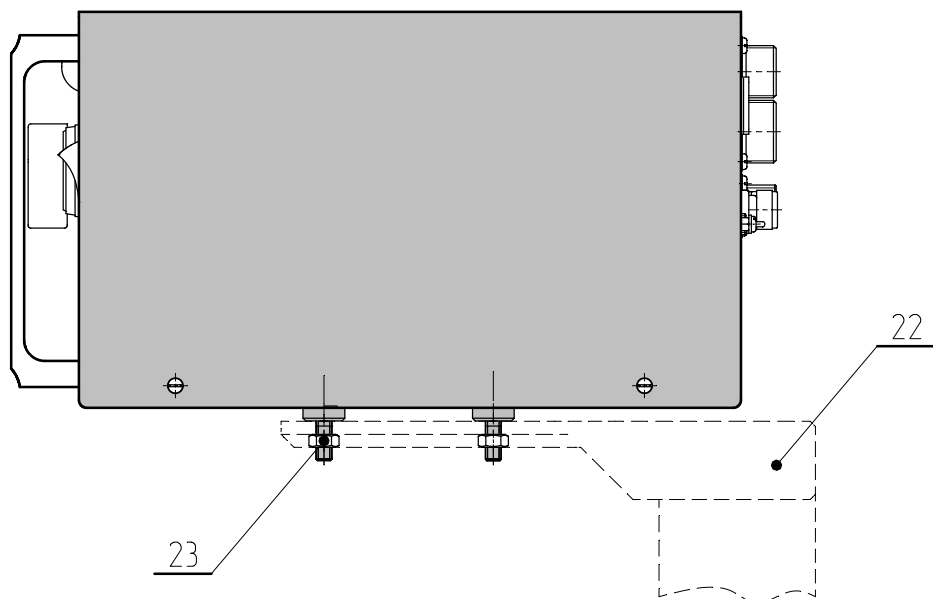


Рисунок 4.3.2.1. Крепление блока управления

Конструкция блока управления показана на рисунках 4.3.2.2, 4.3.2.3 и 4.3.2.4. Каркас блока представляет собой жесткую гнутую конструкцию (позиция 24 рисунок 4.3.2.2). Блок закрывается П-образным кожухом 25. На передней панели блока управления имеются две ручки 26.

Внутри блока, на его основании, закреплены источник питания 27 и печатная плата 28.

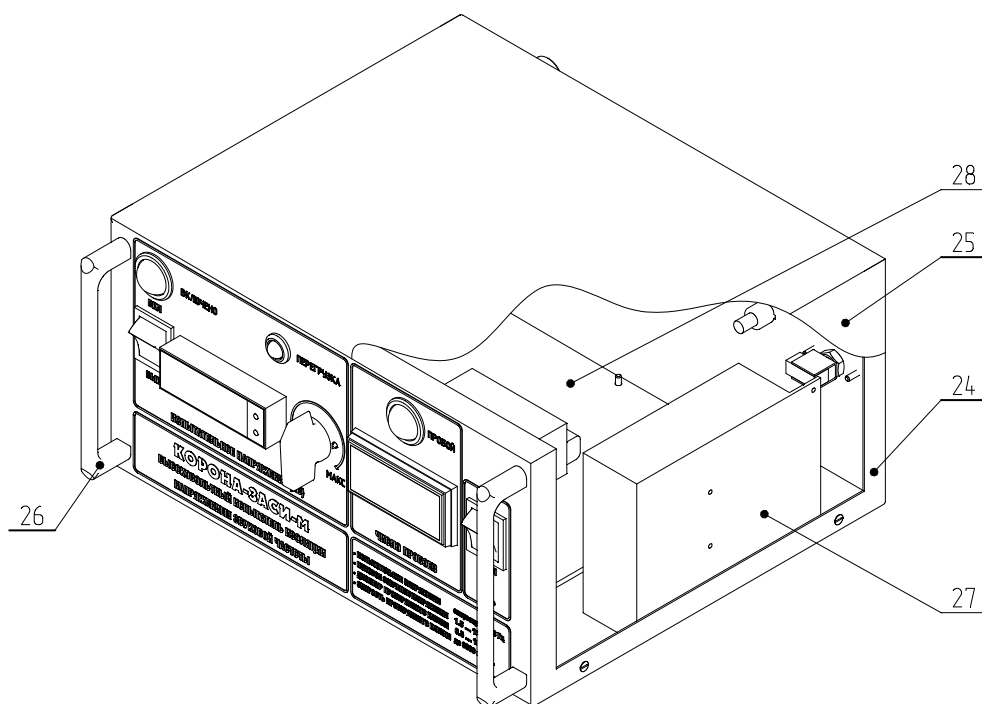


Рисунок 4.3.2.2. Конструкция блока управления

Передняя панель блока индикации, показанная на рисунке 4.3.2.3, содержит следующие элементы индикации и управления:

- Цифровой индикатор **29** ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, показывающий в киловольтах пиковое значение установленного испытательного напряжения.
- Светодиод **30** ПРОБОЙ, зажигающийся в момент пробоя изоляции испытуемого кабеля.
- Цифровой индикатор **31** ЧИСЛО ПРОБОВ, показывающий число пробоев, прошедших за время испытания кабеля.
- Кнопка сброс числа пробоев (RESET) расположена на цифровом индикаторе ЧИСЛО ПРОБОВ.
- Клавишный выключатель СЕТЬ ВКЛ/ВЫКЛ (позиция **32**). Во включенном состоянии горит подсветка клавиши.
- Клавишный выключатель ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ВКЛ/ВЫКЛ (позиция **33**) включения и выключения высокого испытательного напряжения. При включении напряжения загорается подсветка клавиши и светодиод **34**.
- Ручка **35** установки испытательного напряжения для плавной регулировки напряжения.
- Светодиод ПЕРЕГРУЗКА **36**.

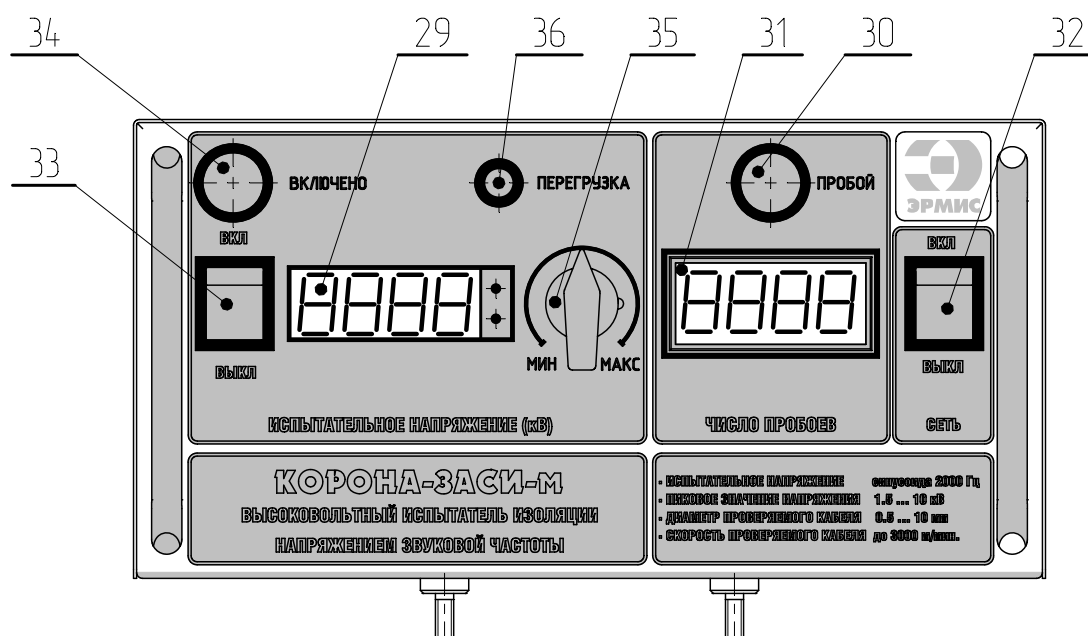


Рисунок 4.3.2.3. Передняя панель блока управления

Задняя панель блока управления показана на рисунке 4.3.2.4. Здесь расположены:

- Клемма **ЗЕМЛЯ 37** для заземления блока.
- Вилка **38** ~ 220В 50Гц для подключения шнура сетевого питания испытателя.
- Разъем **39 ПОДКЛЮЧЕНИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО БЛОКА** для соединения блока управления с высоковольтным блоком.
- Переключатель **40 РЕЖИМ** устанавливаемый в одно из двух положений: **ЛИНИЯ** или **ПЕРЕМОТКА**, в зависимости от места эксплуатации испытателя. Установленное положение переключателя фиксируется скобой.
- Отверстие **41 КОРРЕКЦИЯ КИЛОВОЛЬТМЕТРА** для доступа к переменному резистору, используемому при корректировке погрешностей измерителя испытательного напряжения. В рабочем состоянии отверстие опечатано наклейкой для исключения свободного доступа к резистору.
- Отверстие **42 ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ** для доступа к переменному резистору, используемому для регулировки чувствительности высоковольтного испытателя к дефекту в изоляции контролируемого кабеля. В рабочем состоянии отверстие опечатано наклейкой для исключения свободного доступа к резистору.
- Разъем **43 ПОДКЛЮЧЕНИЕ ВНЕШНИХ УСТРОЙСТВ** для подключения к блоку внешней автоматики, внешнего светозвукового сигнального устройства "Вызов-3.01" или аналогичного устройства.
- Разъем **44 ДИСТНЦИОННОЕ ВЫКЛЮЧЕНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ** и переключатель **45**, устанавливаемый в одно из двух положений: **ВКЛ** или **ВЫКЛ**.
- Предохранитель **46 2А**.

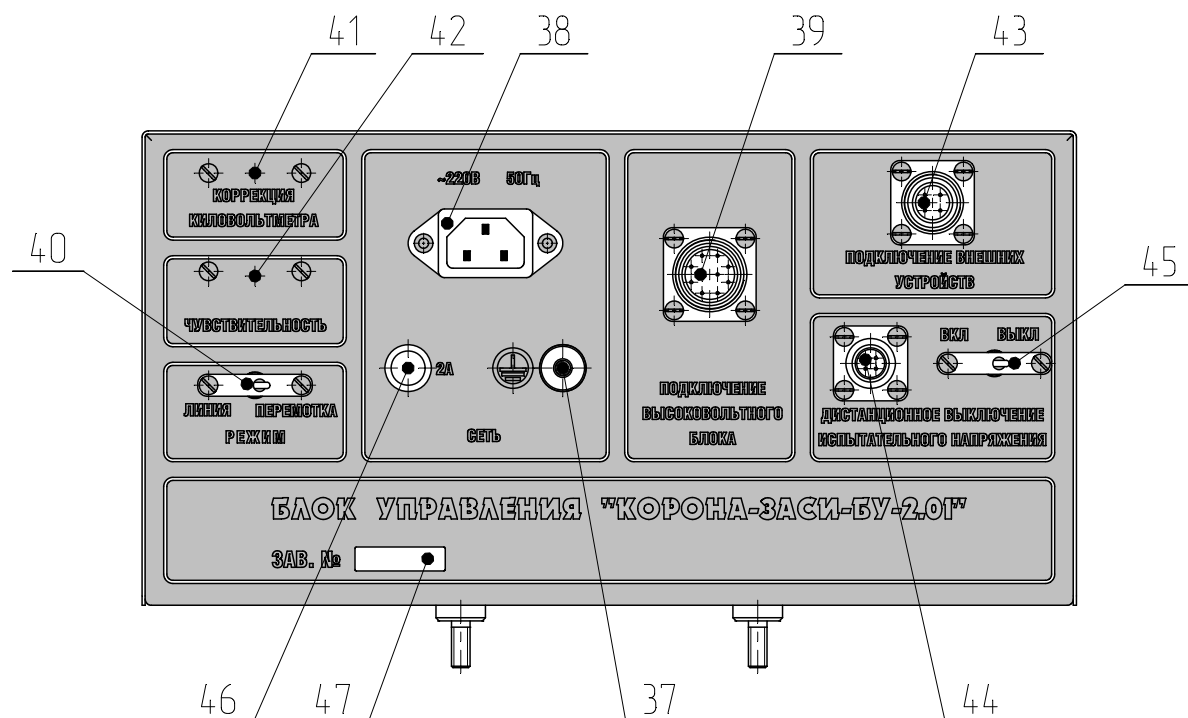


Рисунок 4.3.2.4. Задняя панель блока управления

4.3.3 Конструкция высоковольтного блока

Конструкция блока показана на рисунке 4.3.3.1. Блок собран на передней панели **1**, на которой сбоку установлен электродный узел **2**, который, в свою очередь закрывается откидным защитным кожухом **3**. Защитный кожух имеет прозрачные стенки, что позволяет контролировать положение кабеля в электродном узле. Узел формирователя высокого напряжения **4** крепится на передней панели и закрывается кожухом **5**.

Узел формирователя высокого напряжения получает питание от блока управления и вырабатывает высокое испытательное напряжение, поступающее на электродный узел.

В состав узла входит печатная плата **6** с электронными компонентами схемы и высоковольтный трансформатор **7**. Эти элементы установлены на передней панели узла и закрыты герметичным кожухом **5**. На задней поверхности кожуха находится разъем **8** для соединения высоковольтного блока с блоком управления и клемма **9** для заземления блока. Сверху на кожухе расположены два светодиода: светодиод зеленого цвета указывает на то, что высокое

напряжение подано на электродный узел; светодиод красного цвета – «пробой» испытуемого кабеля, т.е. испытатель определил дефектный участок испытуемого кабеля.

На передней панели высоковольтного блока установлено два микровыключателя блокировки **10**, подающий сигнал выключения высокого напряжения при открытии защитного кожуха электродного узла. Микровыключатель приводится в действие толкателем **17**, который крепится на защитном кожухе.

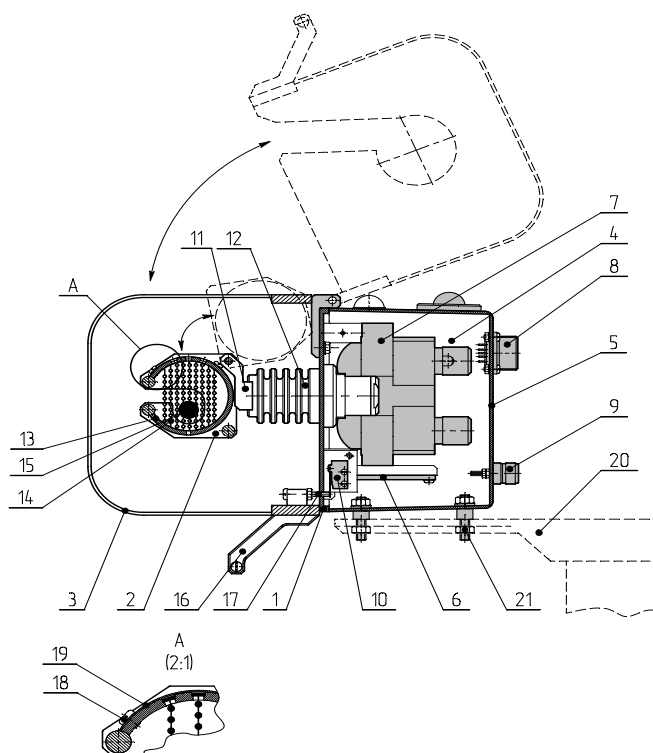


Рисунок 4.3.3.1. Конструкция высоковольтного блока

Электродный узел обеспечивает подачу высокого испытательного напряжения на поверхность изоляции проверяемого кабеля. Узел состоит из двух частей.

Неподвижная часть представлена контактной скобой **11**, установленной на изоляторах **12** на передней панели **1**. Высокое напряжение подается на скобу **11** через полый изолятор и далее на подвижную часть электрода.

Подвижная часть электрода состоит из трубы **13**, внутри которой свободно висят гибкие электроды **14** из отрезков шариковых цепей. Подвижная часть электрода имеет возможность откидываться, как показано на рисунке 4.3.3.1. При откинутом электроде защитный кожух

не имеет возможности закрыться, а, следовательно, высокое напряжение будет отсутствовать на электроде.

В рабочем положении подвижный электрод опущен вниз, защитный кожух закрыт и высокое напряжение подводится ко всем цепочкам электрода.

Испытуемый кабель **15** закладывается в электродный узел через прорезь в трубе **13**. При этом гибкие цепочки электрода распределяются по обе стороны от кабеля, равномерно охватывая изоляцию кабеля в верхней половине сечения. Далее цепочки ложатся на стенки трубы и собираются в нижней ее части, обеспечивая охват цепочками нижней половины поверхности кабеля.

Для защиты боковых стенок кожуха электродного узла от повреждения движущимся кабелем на боковых стенках кожуха установлены накладки из высокопрочной стали.

Для стока воды, попадающей с влажного кабеля во внутрь трубы электрода, имеется паз, расположенный в нижней точке трубы.

Подъем защитного кожуха осуществляется ручкой **16**, при этом освобождается зона для заправки кабеля в электрод высоковольтного испытателя. При открытом защитном кожухе высокое напряжение снимается с электрода автоматически.

4.4 ПОРЯДОК РАБОТЫ С ВЫСОКОВОЛЬТНЫМ ИСПЫТАТЕЛЕМ

Перед началом работы проверяется исходное положение органов управления испытателя и производится заправка испытуемого кабеля в электродный узел.

Исходное положение органов управления:

- Клавишный выключатель СЕТЬ на блоке индикации в положении ВЫКЛЮЧЕНО, подсветка клавиши выключателя не горит.
- Клавишный выключатель ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ в положении ВЫКЛЮЧЕНО.
- Ручка регулятора УСТАНОВКА ИСПЫТАТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ повернута в положение МИН.
- Переключатель РЕЖИМ на задней панели блока индикации в положении ЛИНИЯ или ПЕРЕМОТКА, в соответствии с местом установки испытателя.
- Кожух электродного узла на высоковольтном блоке откинут вверх, и находится нерабочем положении.

4.4.1 Заправка кабеля в электродный узел

Заправка проводится в следующем порядке:

- Открыть защитный кожух.
- Пропустить кабель сбоку в паз трубу электродного узла. Кабель должен расположиться на оси электрода так, чтобы цепочные электроды распределились по обоим сторонам от кабеля равномерно.
- Плавно закрыть защитный кожух. При закрытии защитного кожуха должен быть слышен щелчок сработавших контактов блокировки.

4.4.2 Включение испытателя

Включение может проводиться как при неподвижном положении испытуемого кабеля, так и во время его движения. Однако, следует учитывать, что при длительном неподвижном положении кабеля и включенном испытательном напряжении возможно повреждение испытуемой изоляции (прожог) вследствие ее разогрева высоким испытательным напряжением.

Порядок включения:

- Включить питание испытателя клавишей СЕТЬ на блоке индикации. Должна загореться подсветка клавиши и цифровые индикаторы блока. Индикатор ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ должен показывать "00,0" кВ; счетчик пробоев – число пробоев, хранящееся в памяти блока.
- Переключатель ДИСТАНЦИОННОЕ ВЫКЛЮЧЕНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЕ на задней панели блока управления перевести в требуемое по технологическому процессу положение. При этом необходимо учитывать, что в режиме ДИСТАНЦИОННОЕ ВЫКЛЮЧЕНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЕ ВКЛ генерация испытательного напряжения может осуществляться только в случае, если на контактах 1 и 2 разъема ДИСТАНЦИОННОЕ ВЫКЛЮЧЕНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЕ блока управления будет присутствовать напряжение ~220В, 50 Гц. При этом расположение фазного и нулевого провода по отношению к контактам соответствующего разъема может быть любым.
- Включить высокое напряжение, нажав клавишу ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ. Загорится светодиод ВКЛЮЧЕНО, а цифровой индикатор покажет напряжение, минимальное для данного аппарата (около 1,5 кВ).

- Вращая рукоятку **УСТАНОВКА ИСПЫТАТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ**, выставить величину напряжения, требуемую по технологическому процессу для данного типа испытываемого кабеля. Напряжение контролировать по цифровому индикатору **ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ** на блоке индикации.

- Нажать и отпустить кнопку **СБРОС ЧИСЛА ПРОБОЕВ**. Счетчик пробоев должен показывать число "0".

**После выполнения указанных действий
испытатель готов к работе.**

Во время работы испытательное напряжение прикладывается к изоляции кабеля, движущегося через электродный узел. При прохождении дефектного места изоляции через электродный узел возникает пробой изоляции. В момент пробоя происходит следующее:

- Кратковременно снижается до безопасного уровня испытательное напряжение.

- Включается звуковая сигнализация "Пробой" в блоке индикации и загорается на 2-3 секунды светодиод **ПРОБОЙ** на передней панели блока.

- Счетчик пробоев увеличивает на "1" число пробоев.

- Подается электрический сигнал "Пробой" на внешние устройства автоматики, подключенные к испытателю.

Если испытатель работает в режиме "Линия", то после пробоя изоляции высокое напряжение автоматически восстанавливается до прежнего уровня, и испытания кабеля продолжаются.

Если включен режим "Перемотка", то высокое напряжение выключается в момент пробоя и вновь может быть подано только вручную. Для подачи испытательного напряжения после пробоя следует выключить клавишу **ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ВКЛ** и вновь включить клавишу. Загорится светодиод **ВКЛЮЧЕНО**, а цифровой индикатор покажет установленное ранее (до пробоя) испытательное напряжение.

4.4.3 Выключение испытателя

Выключение испытателя может быть кратковременным, либо на длительное время.

Кратковременное выключение используется при работе, когда испытатель не выключается полностью, а только снимается высокое напряжение с электродного узла. Например, для повторной заправки кабеля, если первоначальная заправка выполнена неудачно, для пропуска заправочного конца кабеля при запуске линии, для

предотвращения "прогара" изоляции в случае кратковременной остановки движения кабеля и в других случаях.

Кратковременное выключение выполняется нажатием (выключением) клавиши ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ на блоке индикации. При этом необходимо убедиться, что подсветка клавиши погасла, а цифровой индикатор показывает "0,0" кВ.

Допускается кратковременное выключение испытательного напряжения путем поднятия кожуха электродного узла вверх, до срабатывания блокировки. В этом случае также необходимо убедиться, что светодиод ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ВКЛ погас, а цифровой индикатор показывает "0.0" кВ.

Кратковременное выключение также может осуществляться путем отключения напряжения ~220В, 50 Гц с разъема ДИСТАНЦИОННОЕ ВЫКЛЮЧЕНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ блока управления при остановке линии. Если испытатель находится в режиме ДИСТАНЦИОННОЕ ВЫКЛЮЧЕНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ВКЛ.

При кратковременном выключении испытатель должен постоянно находиться под наблюдением оператора.

Не допускается выключение испытательного напряжения путем поворота рукоятки УСТАНОВКА ИСПЫТАТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ в крайнее положение МЕНЬШЕ. В этом положении остаточное напряжение на электроде составляет около 1,5 кВ.

Выключение на длительное время выполняется после окончания испытаний кабеля, после окончания работы, при длительном перерыве и в других случаях, когда испытатель не может находиться под постоянным наблюдением оператора.

Порядок выключения:

- Выключить клавишу ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ на блоке индикации.
- Выключить клавишный выключатель СЕТЬ.
- Рукоятку УСТАНОВКА ИСПЫТАТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ повернуть в положение МИН.

Экстренное выключение может потребоваться при нарушениях в работе испытателя, при нарушениях работы и неполадках технологической линии, или в аварийных ситуациях.

Экстренное выключение выполняется нажатием клавиши СЕТЬ на блоке индикации. При этом сразу и полностью снимается питание испытателя.

После экстренного выключения должны быть выполнены в произвольном порядке остальные операции, указанные в пункте 5.3.2 для режима выключения на длительное время.

4.5 Контрольные вопросы

- 4.5.1 Какой вид контроля осуществляется методом контроля «на проход»: выходной или контроль этапов производства?
- 4.5.2 Какие виды дефектов изоляции электрического кабеля распознаются с помощью электроискрового контроля?
- 4.5.3 Какова физика контроля целостности изоляции электрического кабеля методом контроля «на проход»?
- 4.5.4 Какие факторы влияют на достоверность контроля?
- 4.5.5 В соответствии с требованиями, каких нормативных документов выбирается форма и величина испытательного напряжения?
- 4.5.6 В соответствии с требованиями, каких нормативных документов проводятся испытания (методика испытаний)?
- 4.5.7 Какие меры безопасности необходимо соблюдать при проведении данного вида контроля?

4.6 Методические указания к выполнению работы

4.6.1 Произвести опробование испытателя в соответствии с п. 7 руководства по эксплуатации высоковольтного испытателя «Корона-ЗАСИ-М».

4.6.2 Произвести испытания на целостность изоляции кабельного изделия на макете технологической линии. Для этого на изоляции кабеля нанести 100 дефектов малого диаметра с помощью швейной иглы. Необходимая глубина проникновения иглы будет обеспечена при минимальном электрическом сопротивлении между жилой кабеля и иглой, что можно проверить с помощью омметра. Величина испытательного напряжения должна быть выбрана в соответствии с требованиями ГОСТа 23286-78. Максимальная скорость движения испытуемого кабеля не должна превышать максимальную для данного аппарата. Максимальную скорость необходимо рассчитать по методике изложенной в ГОСТе 2990-78. Установить необходимую скорость движения кабеля на пульте управления стенда (макета линии). По результатам эксперимента заполнить таблицу № 4.6.1.1

Таблица № 4.6.1.1. Таблица эффективности испытаний

$U_{исп}, \text{кВ}$	$N_{деф.нанес}$	$N_{деф.зафикс}$	$N_{деф.ложн}$	$N_{деф.ист}$

4.6.3 Снять зависимость количества выявленных дефектов $N_{\text{деф}}$ от величины испытательного напряжения $U_{\text{исп}}$ для кабелей с различной толщиной изоляции.

4.6.4 Снять зависимость количества выявленных дефектов $N_{\text{деф}}$ от скорости движения испытываемого кабеля $v_{\text{исп}}$.

4.6.5 Изучить характер зависимости количества выявленных дефектов $N_{\text{деф}}$ от положения дефектных участков в электродном узле при различных испытательных напряжениях. Пример показан на рисунке 4.6.5.1.

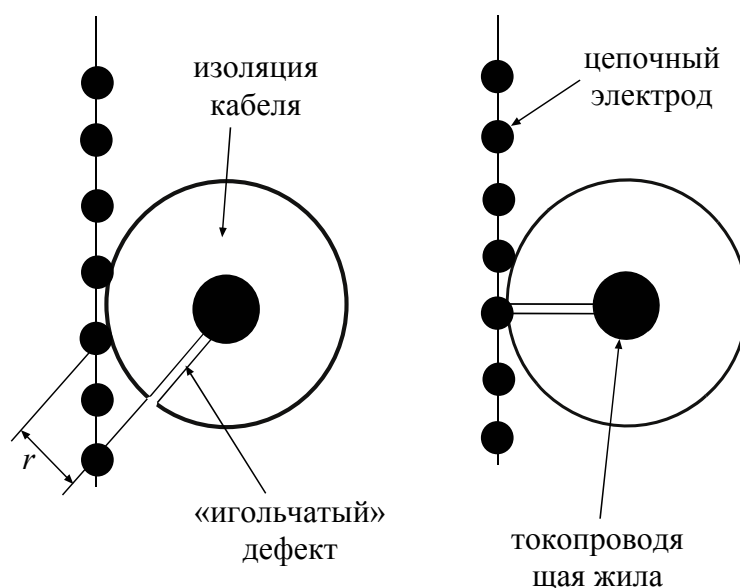


Рисунок 4.6.5.1 - Примеры расположения цепочного электрода по отношению к дефекту изоляции

4.6.6 Оформить отчет.

4.7 Требования к содержанию отчета

4.7.1 Название и цель работы.

4.7.2 Принципиальные схемы и диаграммы работы спроектированных устройств.

4.7.3 Анализ полученных результатов, основные выводы по работе.

5. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 5.1 Богомолов Е. Н., Василец Н. В., Кривенков Б. Е., Чугай Ю. В., Шульженко Л. М., Юношев В. П., Ярославцев И. В. «Фотодиодный оптико-электронный измеритель размеров “Сенсор”» // Автометрия. 1989. №5
- 5.2 Пилипович В. А., Есман А. К., Кулешов В. К и др. «Устройство измерения диаметра движущихся объектов» // Приборы и системы управления 1990. № 3.
- 5.3 Свендровский А. Р. Гладышев Ю. Г. Серия измерителей диаметра «Цикада» для протяженных круглых изделий // Новейшие технологии в приборостроении: Труды Российской научно-технической конференции. – Томск, 1999. – Т. 2. – с. 72-75.
- 5.4 Свендровский А.Р. «Расчёт диаметра в бесконтактных двухкоординатных измерителях». //Научно-технические проблемы приборостроения и машиностроения – сборник трудов конференции – с. 31, 2005.
- 5.5 Фролов Д. Н., Свендровский А. Р., Гольцеймер А. А., Гладышев Ю. Г. «Опыт разработки устройства бесконтактного измерения диаметра кабельных изделий» // Электротехника 1991. №3. – с.26.
- 5.6 Свендровский А.Р., Рябов Е.В., Фёдоров Е.М. «Двухкоординатный лазерный измеритель диаметра «Цикада-2.72»». //Научно-технические проблемы приборостроения и машиностроения – сборник трудов конференции – с. 40, 2005.
- 5.7 «Laser diffraction and projection sensors for measuring fibre optic diameter» // EuroWire – November 2003.
- 5.8 «Основы кабельной техники» под редакцией Превезенцева В. А. – издательство «Энергия», 1975 г.
- 5.9 Городецкий С. С. Лакерник Р. М. «Испытания кабелей и проводов» – издательство «Энергия», 1971 г.
- 5.10 Троицкий И. Д., Лахман Л. С., Бабицкий О. Ш., Берин И. Ш. «Производство электрических кабелей и проводов с резиново-пластмассовой изоляцией» – издательство «Высшая школа», 1967 г.
- 5.11 Мирошников М. М. «Теоретические основы оптико-электронных приборов» – издательство «Машиностроение», 1983 г.
- 5.12 Лазерные доплеровские измерители скорости / Ю. Г. Василенко [и др.] ; Сибирское отделение АН СССР; Институт автоматики и электрометрии. — Новосибирск : Наука, 1975. — 164 с. : ил. — Авт. указ. на обороте тит. л. — Библиогр.: с. 159-162.

- 5.13 А.с. 326439, МПК G 01B 7/04 (СССР). Устройство для измерения длины ферромагнитных изделий / О.З. Панич, В.М. Никитин. – 1394011/25-28; Заявлено 13.01.1970; Опубл. 19.01.1972, Бюл. № 4. – 2 с.:Ил.
- 5.14 Холодный С.Д. Методы испытаний и диагностики кабелей и проводов. - М.: Энергоатомиздат, 1991. – 200 с.
- 5.15 ГОСТ 2990-78. Кабели, провода и шнуры. Методы испытания напряжением.
- 5.16 ГОСТ 23286-78. Кабели, провода и шнуры. Нормы толщин изоляции, оболочек и испытаний напряжением.
- 5.17 ГОСТ Р МЭК 60851-5-2002. Провода обмоточные. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ.
- 5.18 ГОСТ 7006-72. ПОКРОВЫ ЗАЩИТНЫЕ КАБЕЛЕЙ. Конструкция и типы, технические требования и методы испытаний.
- 5.19 British standard BS EN 50356:2002 «Method for spark testing of cables».
- 5.20 British standard BS 5099:2004 «Electric cables - Voltage levels for spark testing».
- 5.21 CEI/IEC 62230:2006. Electric cables – Spark-test method.
- 5.22 Clinton H.H., Stewart T.W. Comparison of impulse and 3 kilohertz sine wave spark testing. Proceedings of 16th International Wire and Cable Symposium. Atlantic City, 1967. – 13 p.
- 5.23 H. Clinton. Grounding of conductors during the spark test. Wire Journal, 1986.
- 5.24 Биргер И.А. Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.
- 5.25 Стеблевская Л.А., Черневский И.Н. Исследование эффективности испытаний изолированных жил и проводов аппаратами непрерывного контроля. – Труды ВНИИ кабельной промышленности. М., ВНИИКП, 1974, с. 217 – 232.
- 5.26 Белоруссов, Николай Иванович. Электрические кабели, провода и шнуры: Справочник / Н. И. Белоруссов, А. Е. Саакян, А. И. Яковлева. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Энергоатомиздат, 1988. - 536 с.
- 5.27 Дикерман, Далий Натанович. Провода и кабели с фторопластовой изоляцией / Д. Н. Дикерман, В. С. Кунегин. - М. : Энергоиздат, 1982. -145 с.
- 5.28 ГОСТ 7006-72. ПОКРОВЫ ЗАЩИТНЫЕ КАБЕЛЕЙ. Конструкция и типы, технические требования и методы испытаний.
- 5.29 Сканави, Георгий Иванович. Физика диэлектриков; Область сильных полей/ Г. И. Сканави. - М. : Физматгиз, 1958. - 907 с.

- 5.30 Макиенко, Геннадий Петрович. Кабели и провода, применяемые в нефтегазовой индустрии / Г. П. Макиенко. -Пермь: Стиль-МГ, 2004. - 560 с.
- 5.31 Веб-сайт компании «Эрмис+» www.ermis.tomsk.ru
- 5.32 Веб-сайт компании «SIKORA AG» www.sicora.com
- 5.33 Веб-сайт компании «ZUMBACH Electronic AG» www.zumbach.com
- 5.34 Веб-сайт компании «Clinton Instrument Company» www.clintoninstrument.com
- 5.35 Аникеевко, Владимир Михайлович. Основы кабельной техники: учебное пособие/ В. М. Аникеевко, С.С. Марьин; Томский политехнический университет (ТПУ). - Томск: Изд-во ТПУ, 2007. - 193 с.: ил.
- 5.36 Основы кабельной техники: учебник/ под ред. И. Б. Пешкова. - М.: Академия, 2006. - 432 с.: ил.

Сборник методических указаний
Составители
Редько Виталий Владимирович,
Федоров Евгений Михайлович