

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Направление подготовки 12.04.01 Приборостроение  
 Отделение контроля и диагностики

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Контроль диаметра подвижных цилиндрических объектов
УДК 658.562.531.717.621.315.002

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ72	Жоробеков Алманбет Суйуналиевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Федоров Евгений Михайлович	к.т.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Федеева Вера Николаевна	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор ТПУ	Федорчук Юрий Митрофанович	д.т.н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОКД	Вавилова Галина Васильевна	к.т.н., доцент		

## Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
P1	Применять навыки эффективной индивидуальной и командной работы, включая руководство командой, работу по междисциплинарной тематике с учетом этики и корпоративных интересов, в том числе и на иностранном языке.	Требования ФГОС (УК-1, УК-3, УК-4, УК-5, УК-6, ОПК- 1, ОПК-2, ПК-12), CDIO Syllabus (2.1, 2.3, 2.4, 2.5, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.2, п. 2.3, п. 2.4, п. 2.5, п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.008 Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами, 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю.)
P2	Применять навыки управления разработкой и производством продукции на всех этапах ее жизненного цикла с учетом инновационных рисков коммерциализации проектов, в том числе в нестандартных ситуациях.	Требования ФГОС (УК-1, УК-2, УК-6, ОПК-2, ОПК-3, ПК-6, ПК -8), CDIO Syllabus (2.1, 2.4, 2.5, 3.2, 4.1, 4.2, 4.3, 4.6, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, п. 2.3, п. 2.5, п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (29.004 Специалист в области проектирования и сопровождения производства оптоэлектронных, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов, 40.053 Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса, 40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 06.005 Инженер-радиоэлектроник, 29.006 Специалист по проектированию систем в корпусе, 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам)
P3	Собирать, хранить, обрабатывать, использовать, представлять и защищать информацию при соблюдении требований информационной безопасности и корпоративной культуры.	Требования ФГОС (УК-5, УК-6, ОПК-1, ПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-9), CDIO Syllabus (1.1, 2.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.1, п. 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI , требования профессиональных стандартов (40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю.
P4	Применять навыки планирования, подготовки, проведения теоретических и экспериментальных исследований, а также представления и интерпретации полученных результатов.	Требования ФГОС (УК-1, УК-2, ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-8, ПК-9), Критерий 5 АИОР (п 1.1, п.1.2, п.1.4), CDIO Syllabus (2.1, 2.2, 4.3), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 40.008 Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами)
P5	Разрабатывать нормативную, техническую и методическую документацию в области неразрушающего контроля и измерительной техники.	Требования ФГОС (УК-1, УК-2, ОПК-2, ПК-3, ПК-9, ПК- 11), CDIO Syllabus (1.2, 4.4), Критерий 5 АИОР (п.1.3, п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 06.005 Инженер-радиоэлектроник)
P6	Быть готовым к комплексной профессиональной деятельности при разработке инновационных и эффективных методов и средств измерения и контроля.	Требования ФГОС (УК-1, УК-2, ОПК-2, ОПК-3, ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК- 10, ПК-11, ПК-13, ПК-14, ПК-15), CDIO Syllabus (1.2, 1.3, 2.3, 4.1, 4.4, 4.5), Критерий 5 АИОР (п. 1.2, п. 1.3, п. 1.4, п.1.5, п. 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (19.016 Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов, 29.004 Специалист в области проектирования и сопровождения производства оптоэлектронных, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов, 40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 06.005 Инженер-радиоэлектроник, 40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции, 40.011 Специалист

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
		по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам, 29.006 Специалист в области проектирования и сопровождения производства оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов
Р7	Разрабатывать и внедрять энерго- и ресурсоэффективные технологические процессы производства приборных систем с использованием высокотехнологичных средств измерения и контроля.	Требования ФГОС (УК-2, УК-6, ОПК-3, ПК-7, ПК-8, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-14, ПК-15), CDIO Syllabus (1.3, 4.1, 4.2, 4.5, 4.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.2, п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (19.016 Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов, 29.004 Специалист в области проектирования и сопровождения производства оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов, 40.053 Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса)

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Направление подготовки 12.04.01 Приборостроение  
 Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)    (Дата)    (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ72	Жоробекову Алманбету Суйуналиевичу

Тема работы:

Контроль диаметра подвижных цилиндрических объектов
---

Утверждена приказом директора (дата, номер)	
---	--

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Прибор с зарядовой связью-NEC mPD8871          Диодный лазер HLDH-808-B20001          Плата Terasic DE0 на базе FPGA Cyclone III. FPGA Cyclone III.</p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обзор методов и средств измерения диаметра</li> <li>2. Разработать структурную схему для измерения диаметра</li> <li>3. Подбор оборудования для установки диаметрамера</li> <li>4. Провести эксперименты по измерению диаметра</li> <li>5. Обработать полученные данные полученные во время проведения эксперимента</li> </ol>
--	--

<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	Презентация Microsoft Office Power Point 2010
--	---

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Фадеева Вера Николаевна
Социальная ответственность	Федорчук Юрий Митрофанович

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

Методы измерения диаметра

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

**Задание выдал руководитель**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Федоров Евгений Михайлович	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ72	Жоробеков Алманбет Суйуналиевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студент:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
1БМ72		Жоробекову Алманбету Суйуналиевичу	
<b>Институт</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение</b>	<b>ОКД</b>
Уровень образования	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	12.04.01 Приборостроение
<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>			
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Стоимость расходов материала</li> <li>• Стоимость расхода электроэнергии</li> <li>• Заработная плата</li> <li>• Страховые отчисления</li> </ul>	
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тариф за электроэнергию (5,8 руб. за кВт/час</li> </ul>	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчисления во внебюджетные фонды</li> </ul>	
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>			
1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения		Описание потенциального потребителя, карта рынка, SWOT анализ, определение готовности проекта к коммерциализации	
2. Планирование этапов и выполнения работ по НИР (определение состава работы, определение действующих лиц, установление длительности и трудоемкости работы)		Планирование научно-исследовательских работ, определение целей и результатов проекта, определение действующих лиц, длительности и трудоемкости работ.	
3. Бюджет научного исследования		Расчет материальных затрат научного исследования, составление реестра рисков проекта	
4. Определение ресурсной эффективности		Оценка сравнительной эффективности исследования с аналогами, установление интегрального финансового показателя эффективности, установление интегрального показателя ресурсоэффективности, установление интегрального показателя эффективности разработки и аналогов	
<b>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):</b>			
1. Оценочная карта конкурентных технических решений 2. Матрица SWOT 3. Иерархическая структура работ 4. Календарный план проекта			
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>			

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>По дпись</b>	<b>Дата</b>
доцент	Фадеева Вера Николаевна	к.ф.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ72	Жоробеков А.С.		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 140 с., 34 рис., 27 табл., 10 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: оптический методы контроля, контроль диаметра, неразрушающий контроль.

Объектом исследования является бесконтактный оптический метод измерения кабельных изделий.

Работа посвящена разработке и совершенствованию приборов и методов технологического контроля наружного диаметра кабельных изделий.

В процессе работы проводились:

- исследование методов измерения диаметра;
- сборка лабораторного макета диаметрамера;
- проведение экспериментов;
- сделаны выводы по работе.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010.

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	15
<b>1. Обзор методов и средств измерения диаметра цилиндрических объектов.....</b>	<b>16</b>
1.1. Контактный метод измерения.....	17
1.2. Бесконтактный метод измерения.....	18
1.3. Оптический метод измерения.....	20
1.4. Метод измерения мощности потока излучения.....	20
1.5. Схема со сканирующим узлом.....	21
1.6. Теневой метод в квазипараллельном пучке.....	23
1.7. Метод построения изображения.....	24
1.8. Теневой метод в расходящемся пучке.....	27
1.9. Описание комплекта измерителя диаметра «Цикада-2.7».....	30
<b>2. Исследования методов повышения точности измерения диаметра.....</b>	<b>67</b>
2.1. Методы определения границ.....	69
2.2. Описание экспериментальной установки.....	72
2.3. Обработка экспериментальных данных.....	74
2.4. Дифракционный метод измерения геометрической границы.....	77
2.5. Повышение точности измерения диаметра с помощью спектрального анализа.....	80
<b>3. Производственная безопасность.....</b>	<b>83</b>
3.1. Анализ выявления вредных факторов при изготовлении диаметра для измерения кабельных изделий.....	85
3.1.1. Освещённость рабочего помещения.....	85
3.1.2. Микроклимат рабочего помещения.....	90
3.1.3. Повышенная загазованность рабочей зоны парами флюса.....	91
3.1.4. Уровень шума.....	94
3.2. Анализ выявления опасных факторов при изготовлении бесконтактного диаметромера.....	96
3.2.1. Механические опасности.....	96
3.2.2. Термические опасности.....	96
3.2.3. Электробезопасность.....	97
3.2.4. Пожаробезопасность.....	99
3.3. Экологическая безопасность.....	101

3.3.1.	Анализ влияния отходов на окружающую среду .....	101
3.3.2.	Разработка решения по обеспечению экологической безопасности .....	102
3.4.	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	103
3.5.	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	105
3.5.1.	Специальные правовые нормы трудового законодательства .....	105
3.5.2.	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	106
4.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	109
4.1.	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	109
4.1.1.	Потенциальные потребители результатов исследования.....	109
4.1.2.	Анализ конкурентных технических решений.....	109
4.1.3.	SWOT-анализ.....	111
4.2.	Инициация проекта.....	116
4.3.	Планирование управления научно-техническим проектом .....	117
4.4.	Бюджет научно-технического исследования .....	119
4.4.1.	Расчет материальных затрат НИИ .....	119
4.5.	Основная заработная плата исполнителей темы.....	121
4.5.1.	Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала .....	123
4.5.2.	Накладные расходы. ....	125
4.5.3.	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	125
4.6.	Реестр рисков проекта .....	126
4.7.	Определение ресурсной эффективности.....	127
4.7.1.	Оценка сравнительной эффективности исследования .....	127
4.7.2.	Интегральный финансовый показатель эффективности.....	128
4.7.3.	Интегральный показатель ресурсоэффективности .....	129
4.7.4.	Интегральный показатель эффективности разработки .....	130
	Заключение .....	133
	Список литературы .....	134
	Приложение А.....	135

## ВВЕДЕНИЕ

Работа посвящена разработке и совершенствованию устройств и методов технологического контроля наружного диаметра кабельной продукции.

Провода и кабели являются продуктами, которые являются одними из самых важных элементов в современном мире и наиболее быстро развивающихся отраслей. При производстве кабелей и проводов основным критерием является их качество. Благодаря совершенствованию технологии контроля основных параметров продукции в процессе производства и автоматизации, отходы сводятся к минимуму.

Качество кабельной продукции зависит от различных электрических и геометрических параметров. Во время производства одним из важных параметров является внешний диаметр и овальность, и их измерение должно производиться в реальном времени непосредственно во время производства. Различные технологические процессы для производства троса и других цилиндрических изделий включают движение полуфабрикатов и готовых изделий со скоростью от 8 до 10 метров в минуту (эмалирование) до 1000 метров в минуту (волочение). Температура наблюдаемых объектов также имеет разные значения - от нескольких десятков до нескольких сотен градусов. Наблюдаемые продукты имеют поперечные размеры от долей миллиметра до нескольких десятков сантиметров и требуют измерений с различной точностью.

В настоящее время существует довольно широкий ассортимент приборов и приборов для измерения геометрических параметров кабелей и проводов. Техничко-экономические и эксплуатационные показатели существующих зарубежных аналогов не полностью соответствуют требованиям производства.

## 1. Обзор методов и средств измерения диаметра цилиндрических объектов

Для измерения диаметра цилиндрических объектов, спроектировано много типов приборов.

Известные производители приборов фирма «Sikora» (Германия) и фирма «Beta» (Бельгия), Zumbah (Австрия) которые в основном удовлетворяют требованиям производства, однако приобретение такого оборудования связано с определенными трудностями и неприемлемо для большинства отечественных предприятий.

Существующие методы контроля размеров делятся на бесконтактные и контактные, когда измерительная головка находится в прямом контакте с объектом контроля, и. Классификация измерителей диаметра показана на рис.1.

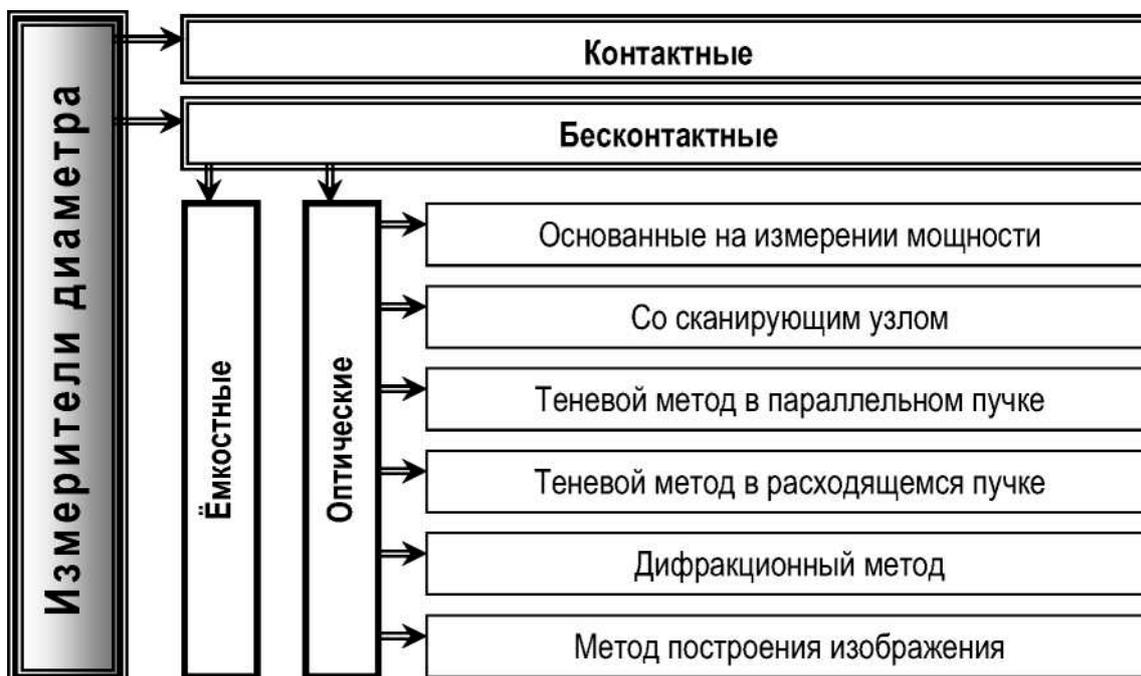


Рис. 1 Классификация измерителей диаметра

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.

На технологических процессах, где скорость изготовления деталей достигает 1000 метров в минуту, более предпочтительными являются приборы бесконтактного вида, обеспечивающие высокую точность, необходимое быстрое действие и имеющие выход на автоматическое регулирование.

### **1.1. Контактный метод измерения**

Контактные диаметры основывались на применении обычных механических микрометров либо датчиков перемещения. Диаметрмер содержал подвижный наконечник, напрямую касающийся измеряемого объекта. При изменении диаметра объекта наконечник менял свое положение, и это фиксировалось микрометром либо датчиком перемещения с последующей индикацией отклонения на градуированной шкале либо 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 (рис 2), включающую контролируемый объект 1, измерительный элемент, например, наконечник 2, преобразователь 3, вторичный электронный преобразователь 4 устройство воспроизведения измерений 5.

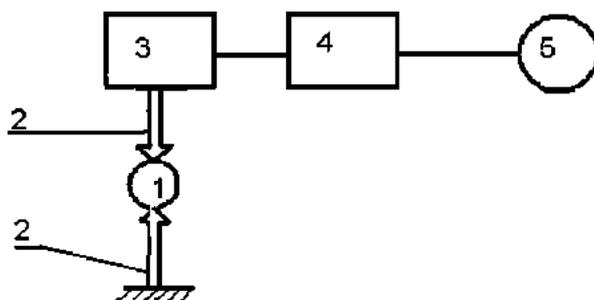


Рис. 2 Структурная схема контактного измерения

В качестве измерительного преобразователя чаще всего используют оптико-механические, механические, электрические датчики.

Недостатком таких измерителей было наличие механического контакта щупов с самим изделием, что приводило к стиранию трущихся поверхностей щупов, возникала возможность повреждения и деформации изделия. Такие приборы отличались большим сроком службы.

Поскольку контактные микрометры для измерения размеров были установлены непосредственно на технологическом оборудовании, на точность их работы влияли вибрации, возникающие на производстве.

Учитывая все эти недостатки, разработчики в итоге отказались от контактных датчиков диаметра, и теперь они практически никогда не используются. События в этой области больше не ведутся.

## 1.2. Бесконтактный метод измерения

При измерении диаметра цилиндрических протяженных изделий широко распространены приборы, основанные на бесконтактному методу, которые обладают отличными эксплуатационными метрологическими характеристиками и динамическими свойствами. Измерения диаметра бесконтактными методами:

- оптические,
- емкостные,

- ультразвуковые.

Методы бесконтактного измерения делятся на прямыми и косвенными. Прямые методы измерения диаметра изделия сравнивается с размером, например, масштабом либо длиной волны.

Методы косвенного измерения используют различные геометрические размеры, например, от времени сканирования луча рабочей зоны; от распределения минимумов и максимумов дифракционной картины и т. д.

В настоящее время к датчику диаметра могут предъявляться следующие требования:

- отсутствие механической оценки
- установить счетчик сразу после экструдера блока изоляции;
- измерение овальности продукта;
- высокая точность измерений, достигающая доли процента;
- высокие объёмы измерений,
- небольшие погрешности при движениях объекта контроля;
- протоколы для технологического управления;
- устройство должно быть абсолютно нечувствительным к изменениям внешних факторов, таких как: температура, влажность, давление, сетевые помехи и т. д.;
- универсальность - для устройства на разных этапах производства;
- высокая надежность в реальных условиях эксплуатации при длительной многосменной работе;
- простота обслуживания;
- бюджетный.

Наиболее распространенными и многочисленными являются оптические методы измерения. Они также являются самыми современными и

перспективными для создания прибора, который полностью отвечает всем вышеперечисленным требованиям.

### **1.3. Оптический метод измерения**

Для бесконтактного измерения размеров в машиностроении широко применяют оптико-электронные приборы, использующие: кодированные оптические шкалы, интерференционные методы, принципы амплитудной и импульсной модуляции, основанные на использовании лазерных технологий, микроэлектроники и компьютеров.

Существует пять наиболее распространенных оптических схем. Все схемы используют оптический метод измерения, характеризующийся высокой скоростью, точностью, хорошей помехоустойчивостью, что позволяет реализовать бесконтактный принцип получения первичной информации. Однако схемы имеют существенные отличия, которые накладывают ограничения на их область применения. Давайте посмотрим на эти схемы более подробно.

### **1.4. Метод измерения мощности потока излучения**

Схема, показанная на рис 3, основана на измерении мощности излучения, воспринимаемого фотоприемником. Измеряемый объект находится в рабочей зоне, через которую проходит параллельный световой поток, осветителя. Объект контроля частично перекрывает световой поток, и соответственно, уменьшает мощность излучения, достигающую фотоприемника. Изменения мощности излучения, воспринимаемого фотоприемником, пересчитываются затем в диаметр измеряемого объекта.

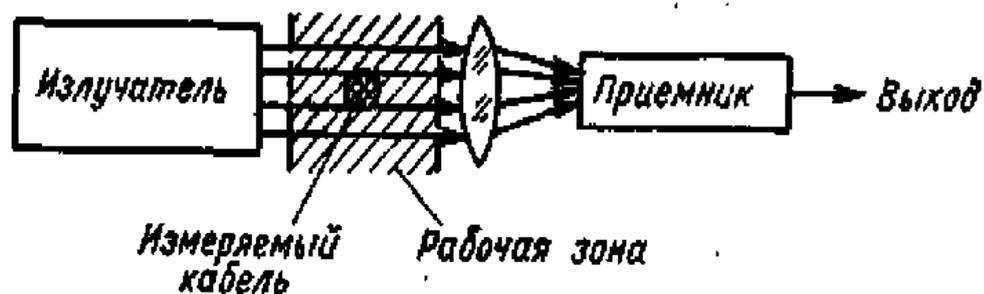


Рис. 3 Способ измерения мощности потока излучения.

Для применения данной схемы необходим источник со стабильным световым потоком, который с течением времени остаётся постоянным, а также 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

### 1.5. Схема со сканирующим узлом

Схема, приведенная на рис. 4, содержит сканирующий узел, создающий тонкий луч, равномерно вращающийся со скоростью  $V$  в зоне измерения шириной  $W$ . Пересекая измеряемый объект, луч прерывается и на фотоприемнике, воспринимающем излучение, возникает импульс, длительность которого равна времени  $t$ , движения луча в поперечном сечении объекта измерения. Длительность импульса фотоприемника измеряется и переводится в диаметр измеряемого объекта выражением.

$$D = \frac{t}{T} \quad (1)$$

где.  $T$  есть период сканирования всей рабочей зоны

Поскольку время  $t$  зависит от собственной скорости измеряемого объекта  $v$ , вычисления с использованием этой формулы будут верны, только если  $v$  равно нулю.

$$t = \frac{D}{V - v}, \text{ если } v = 0 \text{ то } t = D/V \quad (2)$$

Относительная погрешность из-за перемещения объекта контроля будет равна:

$$\frac{dD}{D} = \frac{v}{V - v}. \quad (3)$$

При сильных вибрациях измеряемого объекта погрешность может возрастать, поэтому объект нужно дополнительно стабилизировать.

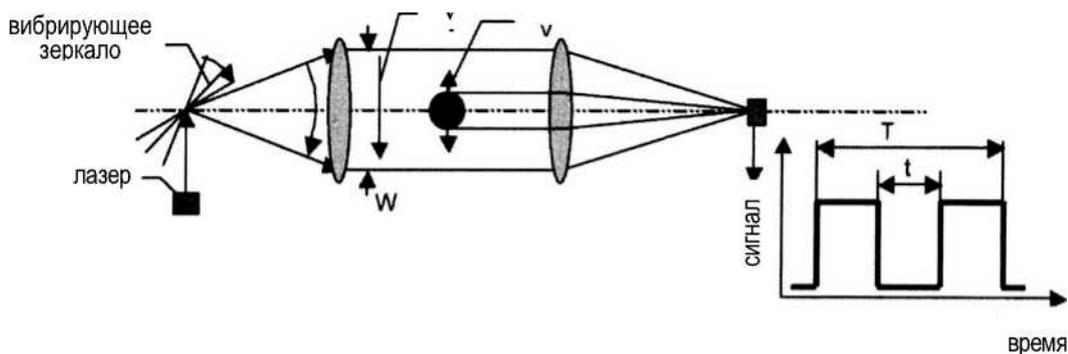


Рис. 4 . Схема со сканирующим узлом

Полупроводниковые лазеры используются в качестве источников излучения в таких цепях. Вращение луча осуществляется зеркальным шестиугольником, а в новых устройствах этого типа пьезоэлектрическое зеркало.

Преимуществами метода являются большой диапазон измерений, высокая точность и высокая скорость измерений. Минусом этой схемы является наличие подвижных частей требуемые высококачественного изготовления для получения требуемого ресурса, а необходимость в использовании

высококачественной широко апертурной оптики усложняет и увеличивает стоимость устройства.

### 1.6. Теневой метод в квазипараллельном пучке

При разработке устройств для измерения диаметра этот метод на сегодняшний день чаще всего используется. Его схема показана на рисунке 5. Тень от объекта падает на многоэлементный фотоприемник, ячейки которого расположены вертикально на одной линии. Количество затемненных ячеек фотоприемника, умноженное на ширину одной ячейки, соответствует диаметру объекта и может быть рассчитано  $D = n \cdot l$ . Современные фотоприемные датчики имеют размер ячейки от 5 до 12 мкм, что позволяет обеспечить соответствующую точность измерений. В качестве излучателя можно использовать лампу накаливания, одиночный диод либо полупроводниковый лазер. Использование лазера является предпочтительным, поскольку этот источник находится ближе всего к точечному источнику. Это упрощает оптическую схему, а также процесс настройки и юстировки.

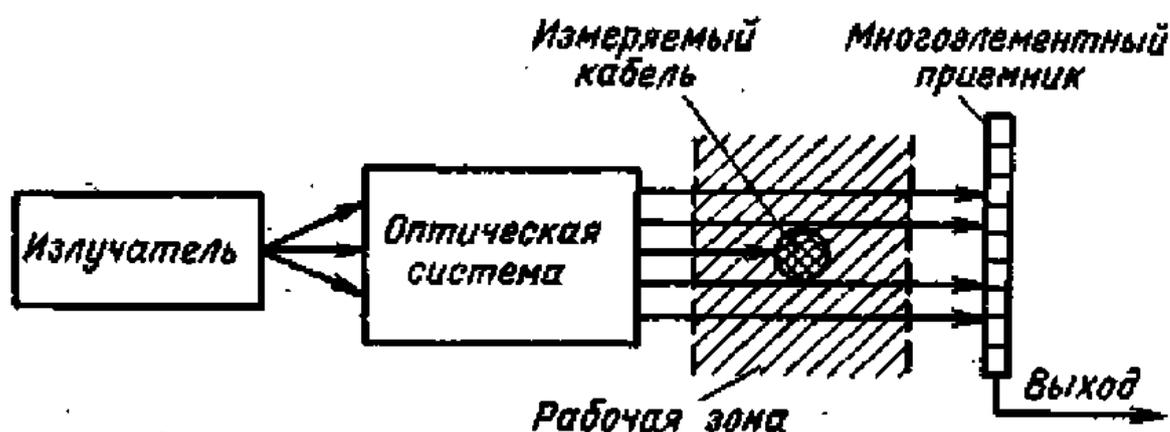


Рис. 5 Теневой метод в квазипараллельном пучке

Ошибка при использовании этой схемы - неидеальная оптическая система коллиматора, которая преобразует свет от точного источника в параллельный луч. Приближение угла места и погрешности молодости, которое приводит к

тому, что световой поток в рабочей зоне отличается от параллельного, когда объект перемещается в рабочую зону, вращается, это сильно влияет на точность измерения. Чем больше область измерения, тем шире должна быть апертура коллиматора, и, с увеличением апертуры, влияние этого типа ошибки на улучшение качества, даже если мы используем линию фотоприемника с меньшим шагом, по этой причине схема не подходит для измерения небольших объектов, размеры которых не превышают 1 мм. Таким образом, эта схема используется для измерения диапазонов диаметров от 1 до 25 мм. Создание двухкоординатных счетов с широкой областью измерения на основе этой схемы проблематично из-за ее громоздкости и других причин, изложенных выше, но схема отличается от предыдущей более высокой надежностью из-за отсутствия механического смещения. элементы и меньше помех, так как не требует измерения амплитуды и времени. Он используется в течение длительного времени (с 1990 года) и успешно применяется на предприятиях Ermis для создания однокоординатных датчиков диаметра с диапазоном измерения от 20 до 80 мм.

### **1.7. Метод построения изображения**

Здесь в основе лежит метод построения изображений объекта. Суть метода поясняет рис.6

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 измерительной головки, движется измеряемое изделие диаметром  $D$ .

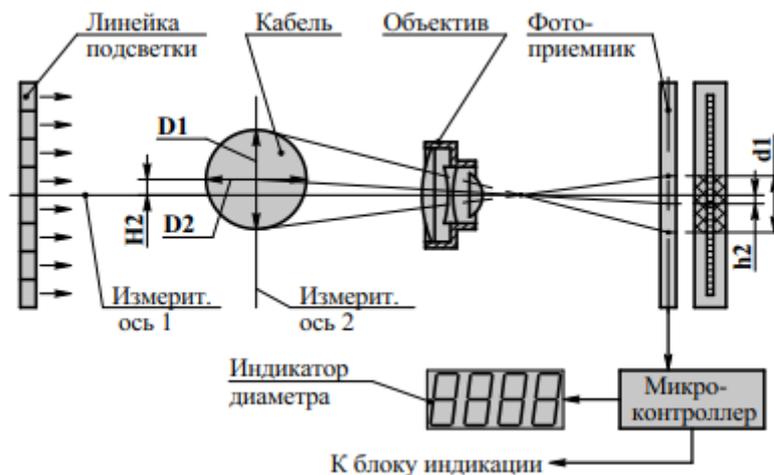


Рис.6 Блок схема метода построения изображения измеряемого объекта.

Изображение объекта контроля проецируется линзой в уменьшенном виде на многоэлементный фотоприемник, содержащий многочисленное небольших светочувствительных ячеек. Ячейки фотоприемника расположены по линии, перпендикулярной продольной оси объекта. Количество ячеек, охватываемых изображением, определяется микроконтроллером измерительной головки, управляющим работой фотоприемника. На основе количества ячеек, закрытых изображением, и размера ячеек, микроконтроллер вычисляет размер изображения  $d1$ , и, зная масштаб преобразования объектива  $N$ , определяет в миллиметрах истинный диаметр тестового объекта  $D1$ .

Для того чтобы уменьшить погрешность измерения, возникающую при смещении измеряемого объекта от центра зоны измерения, используется перекрестная связь между измерительными каналами 1 и 2.

Перекрестная связь выполнена следующим образом. Смещение объекта контроля вдоль оси 2: величина  $H2$ , не контролируемая каналом 2, измеряется каналом 1 как величина  $h2$  и передается в канал 2 для корректировки диаметра  $D2$ . Аналогично, каналом 2 измеряется смещение  $H1$  и передается в канал 1.

Устранение погрешности измерения из-за боковой подсветки измеряемого объекта линейкой «не своего» канала достигается за счет импульсного поочередного

включения линеек фоновой подсветки. В этом случае измерение D1 и D2 происходит поочередно, однако короткое время измерения и быстрое переключение каналов позволит считать процесс измерения практически непрерывным и независимым от линейной скорости движения измеряемого объекта.

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

$$\frac{1}{a_1} - \frac{1}{a_2} = \frac{1}{f} \quad (4)$$

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

$$N = \frac{x_2}{f} = \frac{f}{x_1} \text{ где } x_1 = a_2 - f \text{ и } x_2 = a_2 - f \quad (5)$$

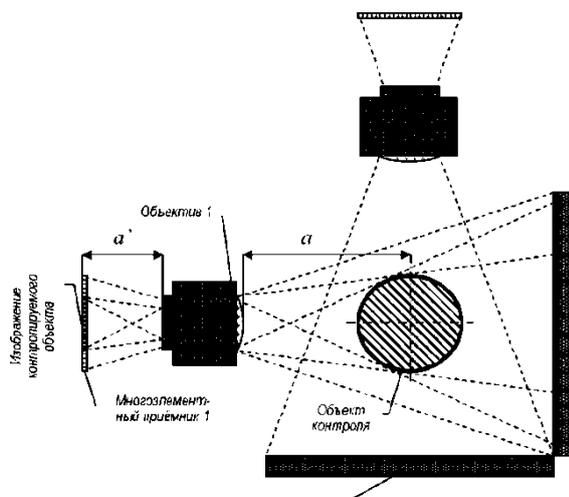


Рис. 7 Оптическая схема проекционного измерителя

На рис. 7 изображена структурная схема оптической системы диаметрамера 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 либо частично прозрачный измеряемый образец, а многоэлементный приемник ставится в плоскости изображений. Пунктирной линией на рис. 8 показан ход лучей в одном из каналов.

Для приборов такого типа следует использовать высококачественные исправленные на аберрации объективы желательны 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.

Преимущества схемы в том, что она двухкоординатная; может использоваться для измерения объектов очень большого диаметра (до 200 мм); он не использует дорогие полупроводниковые лазеры и ПЗС дальнего действия; Схема сохраняет свои характеристики при повышенных внешних температурах.

### **1.8. Теневой метод в расходящемся пучке**

Как уже упоминалось, система оптических линз оказывает существенное влияние на погрешность измерений. На рис.8 приведена принципиальная схема измерителя, в котором точечный источник излучения светит расходящимся лучом непосредственно на линию фотоприемника. В качестве источников здесь всегда используются полупроводниковые лазеры, излучение которых наиболее близко к точечному. Схема не использует преобразовательную оптику. Здесь мы имеем дело с расходящимся лучом и не можем однозначно определить диаметр объекта по его тени, поскольку это

делается в параллельном луче. При перемещении измеряемого объекта размер его тени также изменяется, но мы можем отслеживать эти движения, если перпендикулярно одному измерительному каналу, мы размещаем другой, идентичный первому.

Схема рассматриваемого двумерного датчика показана на рис. 9. Устройство содержит два осевых измерительных канала, из которых X и Y взаимно перпендикулярны. Каждый канал имеет точечный излучатель (лазер), который создает расходящийся световой поток, и многоэлементный линейный фотоприемник, измеряющий размер тени объекта. Управляемый объект, имеющий форму сечения, близкого к окружности, расположен в рабочей зоне устройства, освещается двумя излучателями и образует две тени, воспринимаемые фотоприемниками измерительных каналов. Обработка сигналов фотоприемника и расчет истинного диаметра объекта выполняются микроконтроллером, который является частью прибора.

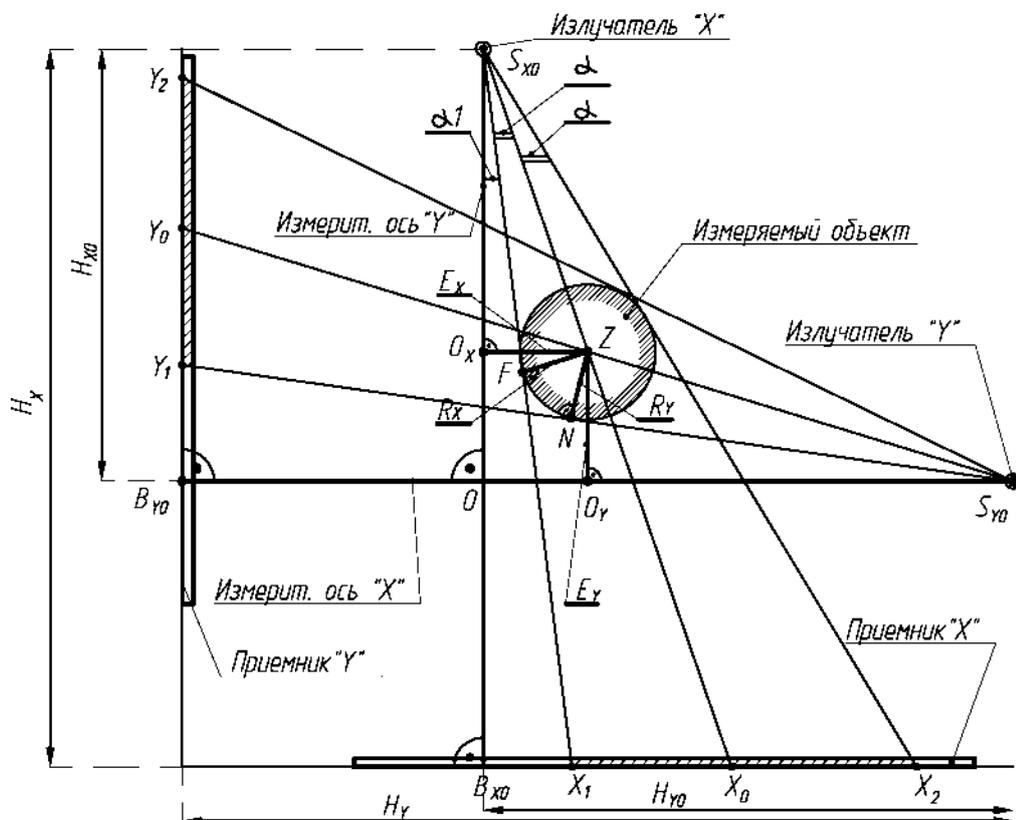


Рис. 8 Теневой метод в расходящемся пучке, двухкоординатная схема.

Первоначально известны следующие параметры конструкции устройства:

- Расстояния  $H_X$  и  $H_Y$  от центра излучателя до плоскости приемника каждого канала: сегменты  $(S_{X0}; B_{X0})$  и  $(S_{Y0}; B_{Y0})$ .
- Расстояния  $H_{X0}$  и  $H_{Y0}$  от центра излучателя до центра рабочей зоны, т.е. до точки  $(0)$ , которая является пересечением осей измерения.
- Шаг ячейки фотоприемника, который позволяет определить размер тени, то есть ее ширину, а также определить смещение центра тени относительно «нулевой» ячейки приемника по количеству ячеек приемника, которые закрыты тенью объекта.

В процессе работы устройства фотоприемники «X» и «Y» фиксируют границы тени объекта. Микропроцессор устройства рассчитывает координаты этих границ в плоскостях приемников. Начало координат - это «нулевые» приемники ячеек, расположенные в точках  $B_{X0}$  и  $B_{Y0}$ . Границы теней имеют координаты:

Приведенная ниже формула отображает выражения для расчета диаметра каждой оси в такой двухкоординатной оптической системе:

$$\begin{aligned} D_X &= 2 * \sqrt{E_X^2 + (H_{X0} - E_Y)^2} * \sin \frac{1}{2} (\arctg \frac{X_2}{H_X} - \arctg \frac{X_1}{H_X}), \\ D_Y &= 2 * \sqrt{E_Y^2 + (H_{Y0} - E_X)^2} * \sin \frac{1}{2} (\arctg \frac{Y_2}{H_Y} - \arctg \frac{Y_1}{H_Y}), \end{aligned} \quad (6)$$

где расстояние от центра объекта на соответствующих осях равны:

$$E_X = \frac{X_0 * H_Y (H_{X0} - Y_0 * \frac{H_{Y0}}{H_Y})}{(H_X * H_Y - X_0 Y_0)}, \quad E_Y = \frac{Y_0 * H_X (H_{Y0} - X_0 * \frac{H_{X0}}{H_X})}{(H_X * H_Y - X_0 Y_0)}, \quad (7)$$

где положения проекции от центра объекта на соответствующих многоэлементных приемниках равны:

$$\begin{aligned}
 X_0 &= H_x * \operatorname{tg} \frac{1}{2} (\operatorname{arctg} \frac{X_2}{H_x} + \operatorname{arctg} \frac{X_1}{H_x}), \\
 Y_0 &= H_y * \operatorname{tg} \frac{1}{2} (\operatorname{arctg} \frac{Y_2}{H_y} + \operatorname{arctg} \frac{Y_1}{H_y}),
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

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

$$X_1 = f_x - B_{x0}, \quad X_2 = s_x - B_{x0}, \quad Y_1 = f_y - B_{y0}, \quad Y_2 = s_y - B_{y0}.
 \tag{9}$$

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.

### 1.9. 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 промышленности измеритель рекомендуется для контроля диаметра кабельных изделий малого и среднего сечения.

Измерители устанавливаются на экструзивных линиях наложения изоляции, на агрегатах непрерывной вулканизации, на участках бухтовки и контрольной перемотки кабеля.

### **Назначение прибора**

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  $45^\circ$  к плоскости горизонта.

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

### **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  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$  не более  $\pm 20$  мкм.
  - при температуре  $(20 \pm 15)^\circ\text{C}$  не более  $\pm 30$  мкм.
- Цена единицы младшего разряда индикатора ДИАМЕТР 10 мкм.

### **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.

### **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 рис.9.

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

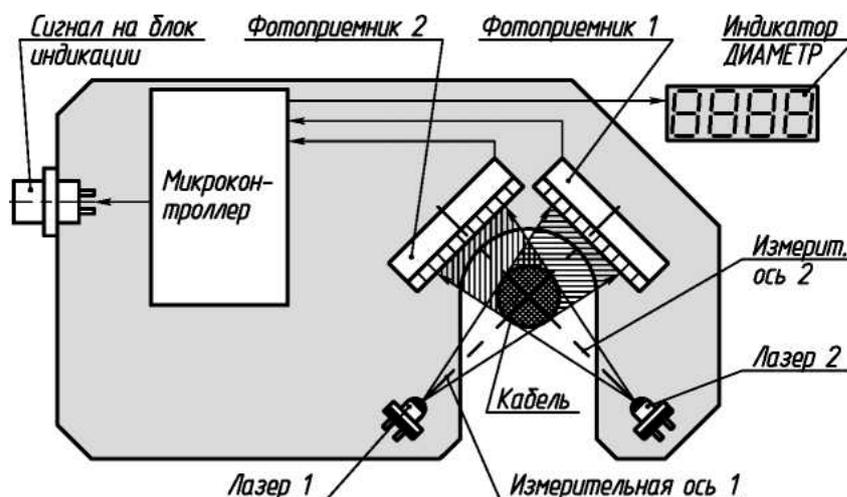


Рис. 9 Оптико-электронный теневой метод измерения

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 измеряемый кабель на своем пути и создает тень за кабелем. 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 предоставляет 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.

### **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 рис. 10, а на рис. 11 и 12 показано расположение элементов на передней и задней панелях головки.

Корпус головки (рис. 10) состоит из жесткой силовой рамы 1, несущей элементы двух оптоэлектронных измерительных каналов, двух боковых крышек 2, закрывающих раму, и съемных крышек: верхней 3, передней 4 и нижней 5.

Дополнительную жесткость рамы обеспечивает силовая задняя панель 6, с помощью которой головка крепится на подставке, а передняя панель 7 - с элементами индикации и управления.

На силовой раме 1 установлены два полупроводниковых инфракрасных импульсных лазера 8 и два фотоприемника 9. Каждый фотоприемник установлен на печатной плате 10, на которой расположены элементы его электронного обрамления, в частности, на платах установлены абонентские резисторы 11. позволяя исправить ошибки измерительных каналов. Доступ к

резисторам 11 открывается после снятия боковой крышки 2 рамки.

Рабочая область, по которой движется измеряемый кабель 12, представляет собой круг, центр которого совпадает с пересечением измерительных осей. Для бесплатной заправки кабеля в рабочую зону «на лету», не останавливая его движение, рабочая зона открыта снизу.

Защита оптических элементов от пыли и влаги, присутствующих в рабочей зоне, осуществляется с помощью защитных очков 13. Во время работы счетчика требуется периодическая чистка очков, как описано в разделе «Техническое обслуживание».

От механического повреждения кабеля, проходящего через рабочую зону, конструкция головки защищена износостойкими накладными полукольцами 14.

Электронные элементы цепи размещены на пяти печатных платах, соединенных между собой плоскими жгутами проводов. Схема включает в себя две платы 10 фотоприемников, плату 15 индикаторов, плату 16 контроллера и плату 17 источника питания. Источник питания также включает в себя входной сетевой фильтр 18, установленный отдельно, на внутренней стороне задней панели 6.

Цифровой индикатор DIAMETER 19 расположен на плате 15 дисплея перед окном на передней панели 7. Окно индикатора закрыто прозрачным световым фильтром 20. Кроме того, на плате дисплея есть кнопки 21 для переключения режимов дисплея и дополнительный однозначный индикатор 22, указывающий на включенный режим.

Монтаж измерительной головки осуществляется с помощью основной стойки 23 «СТ-1.30» и поворотного блока 24 «ПГ-1,20». Переходная установочная часть представляет собой трубчатый держатель 25, фланец которого прикреплен к задней панели 6 головки, а на платформе 26 поворотные зажимы зажимов 27.

Такое крепление позволяет регулировать положение головки в

горизонтальном направлении, по оси кабеля, перемещая головку в зажимах зажимов 27. Грубая регулировка положения головки по вертикали осуществляется путем перемещения стойки 28 стойки стенд 23 вверх и вниз, и точная регулировка путем поднятия или опускания поворотного стола платформы 26. Точная настройка выполняется с помощью регулировочного винта остановки 29, который в выбранном положении фиксируется с помощью гайки 30 замка.

Поворотный блок 24 позволяет быстро вынимать головку из зоны движения троса «на лету», поворачивая ее вокруг оси 31 и откидывая назад, а также быстро возвращать головку в предварительно отрегулированное рабочее положение.

Передняя панель головы показана на рис. 11, содержит следующие элементы отображения и управления:

Основной индикатор - 19 ДИАМЕТР (мм), показывающий измеренный диаметр или овальность кабеля

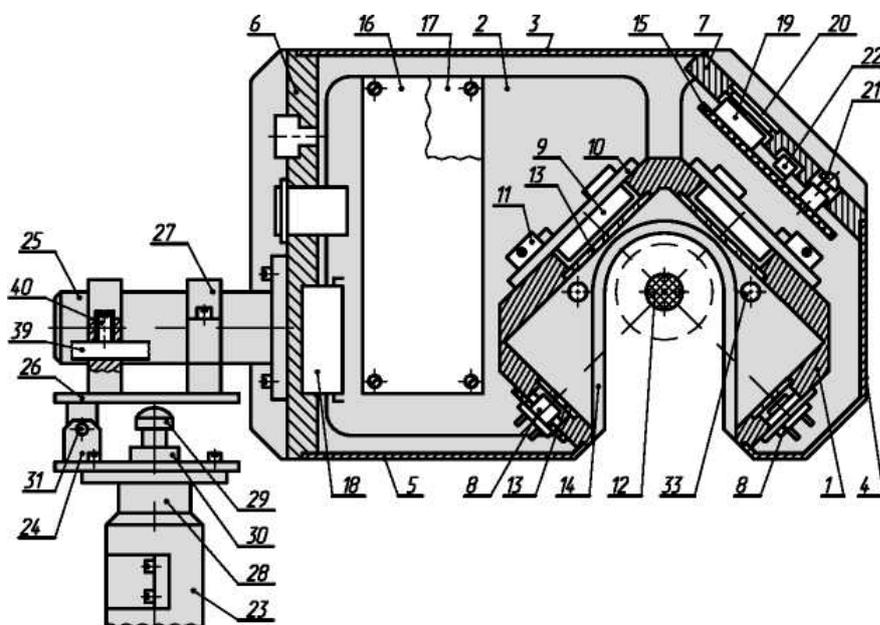


Рис. 10. Конструкция измерительной головки

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» либо «0». После отпускания кнопки схема возвращается в основной режим «d» - индикация среднего диаметра.

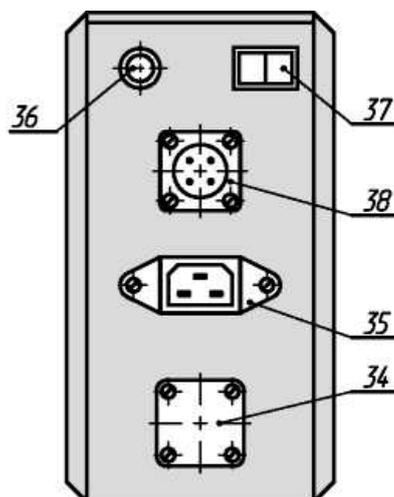
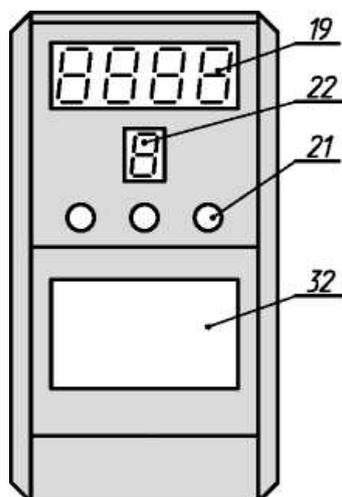


Рис. 11. Передняя панель прибора Рис. 12. задняя панель прибора

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, в центре рабочей зоны имеются два резьбовых отверстия М4 (поз. 33, рис. 12). Отверстия используются для крепления калибров платформы, размещенных в рабочей области головки во время калибровки. Отверстия 33 также можно использовать для установки на измерительную головку роликовых устройств, устраняя вибрацию измеряемого кабеля и стабилизируя его положение в рабочей зоне.

Боковые крышки головки запечатаны бумажной наклейкой, на которой указана дата калибровки счетчика и проставлена печать компании, выполнившей калибровку, или безрецептурная печать завода-изготовителя..

Задняя панель головы, показанная на рис. 12, является элементом силовой рамы и служит для механического крепления головки и ее электрического соединения. 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** (рис. 10) и фиксируются в отверстии винтом **40**.

## **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.

Дисплейный блок повторяет на своем индикаторе показания индикатора измерительной головки, а также выполняет контроль допуска на диаметр и выход тревоги для приема.

Устройство установлено на рабочем месте оператора, на значительном расстоянии от измерительной головки, и обеспечивает оператору удобство контроля и управления процессом. Конструкция блока показана на рис. 13, расположение элементов на передней и задней панелях изображено на рис. 14, 15.

**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.

### **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 (рис. 13).

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 рис. 14. 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 «O», 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.

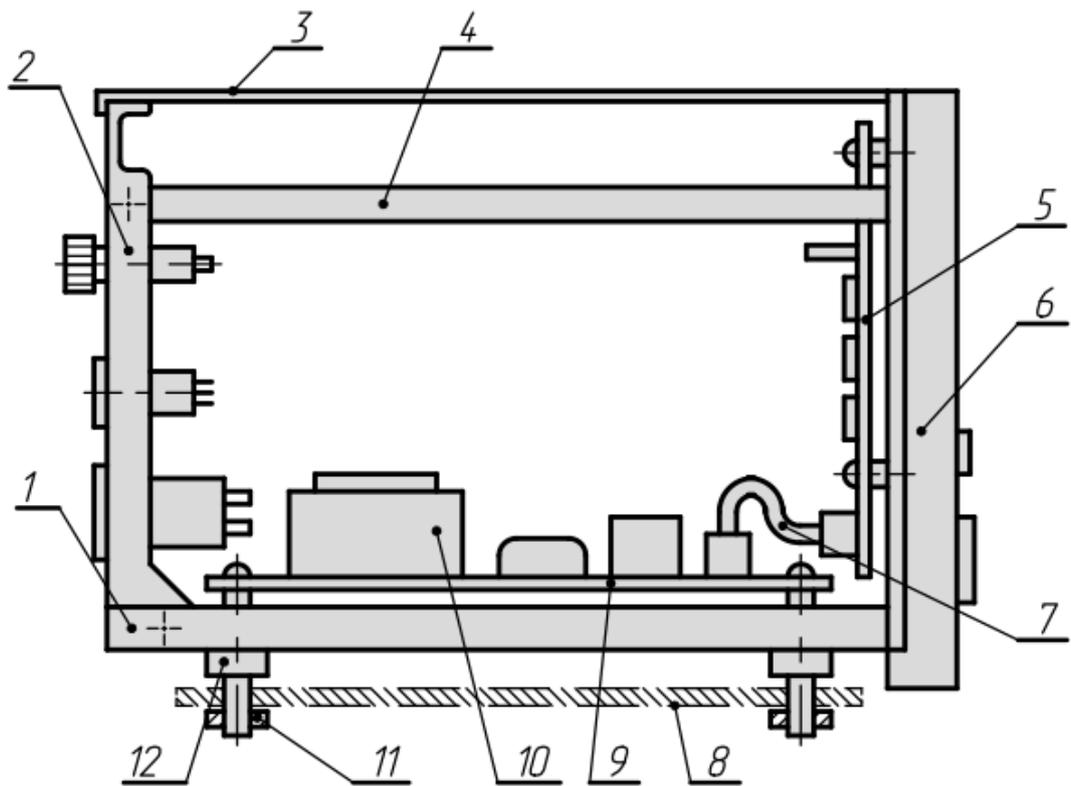


Рис. 13 Конструкция блока индикации «Цикада – БИ- 2Д»

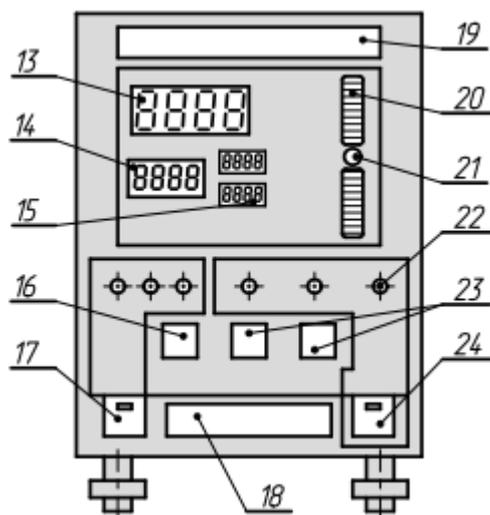


Рис. 14 Передняя панель блока индикации

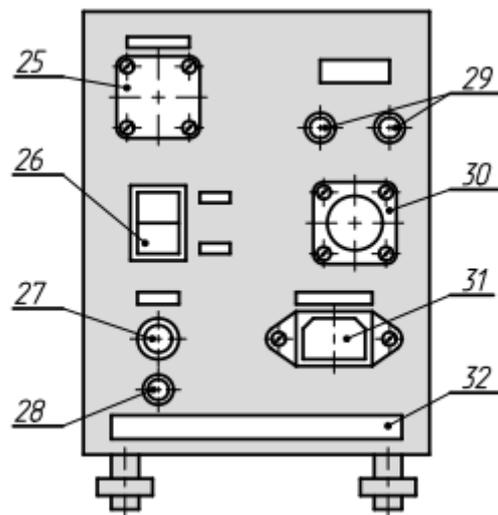


Рис. 15 Задняя панель блока индикации

**Задняя панель** блока индикации содержит следующие элементы

(рис. 15):

- 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.

### **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 предпри- ятии-

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.

Зв. - 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 либо 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

- Зв. сигнал включается при выходе за верхний допуск.
- Зв. сигнал включается при выходе за нижний допуск.

измеренного диаметра за установленные допуски. При этом логика включения звукового сигнала аналогична логике включения реле Р1.

Зв. = = - сигнал включается при выходе диаметра за любой из допусков.

Зв. - звуковая сигнализация выключена.

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

## **Порядок установки и подготовки прибора к измерению**

Место установки блоков измерителя определяется решаемой технологической задачей контроля, компоновкой технологической линии либо участка, где предполагается использование измерителя, а также комплектом поставки измерителя: минимальный комплект (без блока индикации), типовой комплект либо 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 либо 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 ~220 В 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 откинутах 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 отверстии 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 ЕОЛОВКА блока.
- Шнур сетевого питания «КП-1» включается в вилку ~220 В 50 Ец 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

### **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 «ПЕ-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 либо 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 «ПЕ-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.

### **Проверка работоспособности**

Проверка работоспособности измерителя проводится в следующих случаях:

- После установки измерителя на месте постоянной эксплуатации.
- После проведения ремонтных либо 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 откинутах 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.

## **Порядок измерения диаметра кабеля**

### **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.

### **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 либо 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 либо 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.

### **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.

### **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.

### **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.

### Операции и средства калибровки

При проведении первичной и периодической калибровки выполняют операции и применяют средства калибровки, указанные в табл. 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; $\pm 0.5$ мм.
Корректировка погрешности измерения диаметра	10.3	Некруглость калибров не более $\pm 5$ мкм. Погрешность аттестации не более $\pm 3$ мкм.

Табл. 1

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

### Условия калибровки и подготовка к калибровке

При проведении калибровки соблюдают следующие условия:

Температура окружающего воздуха .....  $(20 \pm 5)$  °С.

Относительная влажность воздуха не более ..... 80 % при 20 °С.

Электропитание измерителя от сети переменного тока частотой  $(50 \pm 1)$  Гц, напряжением  $(220 \pm 22)$  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.

### **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 табл. 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  $A_D$  (мм) для каждого из трёх калибров.
- $A_D = D_A - D_H$  (1), где  $D_A$  - аттестованный диаметр калибра, мм;
- $D_H$  - показания измерителя, мм;
- при расчете погрешности  $A_D$  обязательно указывается знак погрешности.

### **Принцип корректировки погрешностей.**

Поясняет рис. 16. 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.

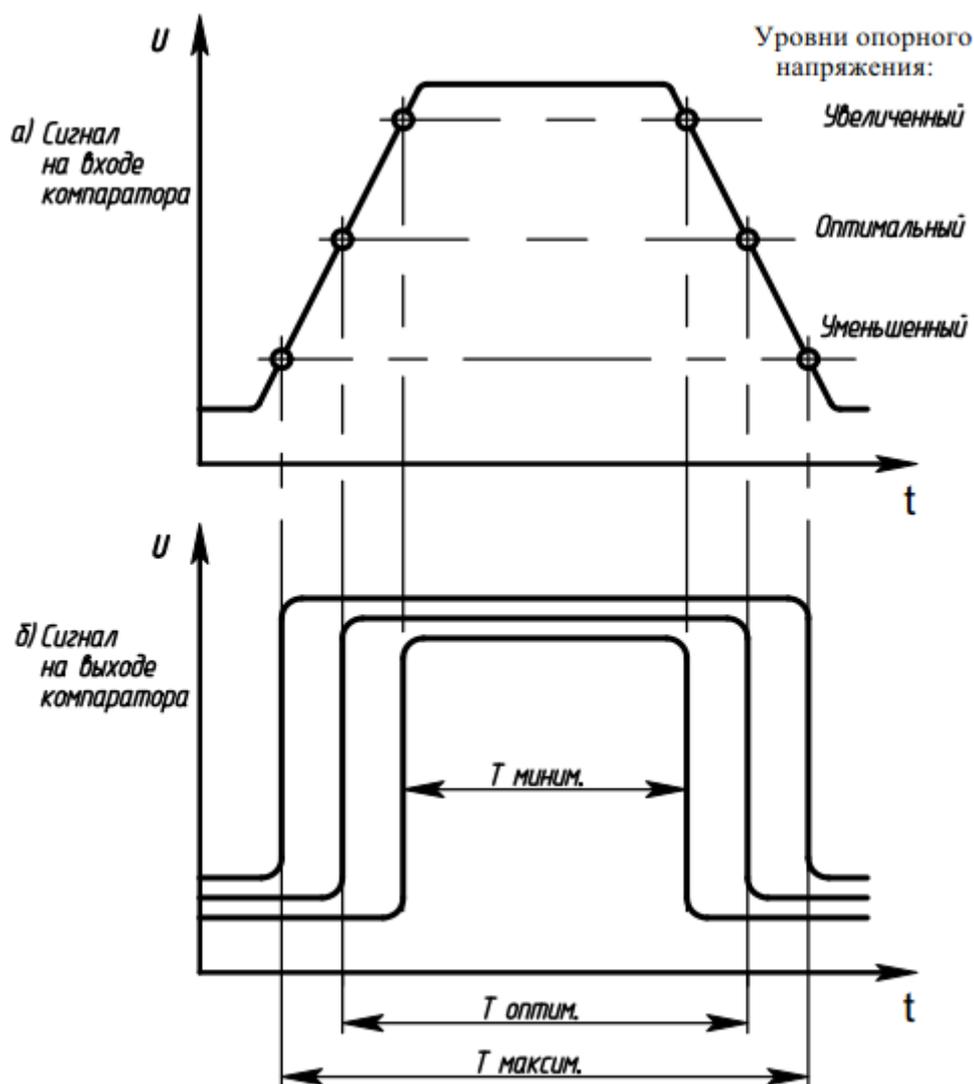


Рис. 16 Принцип корректировки погрешности измерения

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.

### **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 рис. 17. 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 рис. 17 и закрепляется невыпадающими винтами платформа калибров из набора «НКЦ-2».

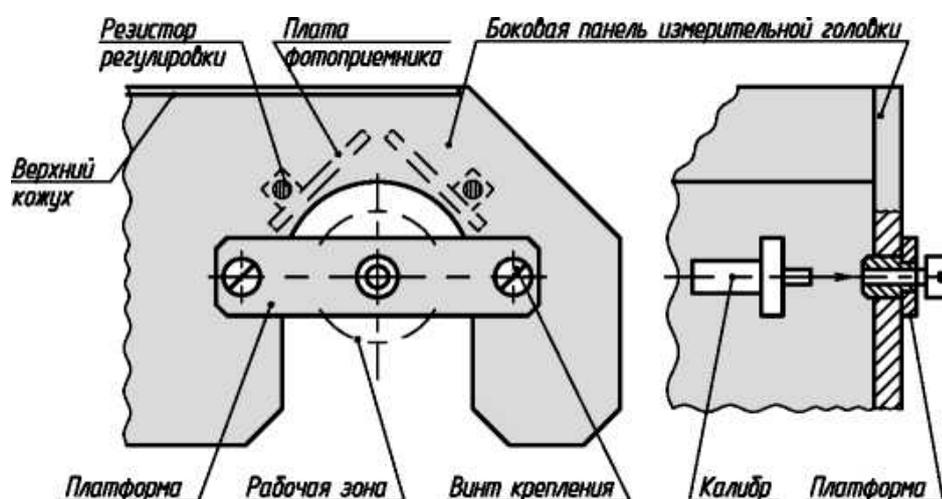


Рис. 17 Установка рабочей зоны

- 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 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 (либо 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 (либо движки) резисторов, подвергнутых регулировке, устанавливают на прежнее место верхний кожух головки и пломбируют кожух бумажной наклейкой.

## 2. Исследования методов повышения точности измерения диаметра

Целый ряд преимуществ по сравнению с другими оптическими методами измерения достигается, когда диаметр круглых проволочных материалов измеряется с помощью метода расходящегося лазерного луча. В частности, отсутствие катадиоптрической оптической системы и подвижных оптических компонентов существенно упрощает оптическую систему и конструкцию первичного измерительного преобразователя.

Разработка и производство двумерных приборов для измерения диаметра, основанных на этом методе, является многообещающей тенденцией в кабельном приборостроении благодаря их надежности, относительной простоте изготовления и объективной настройке.

Метод расходящегося лазерного луча для измерения диаметра, используемого для длинных проволочных материалов, основан на обнаружении теневых границ объекта с помощью многоэлементных линейных фотодетекторов, размещенных в двух ортогональных измерительных каналах.

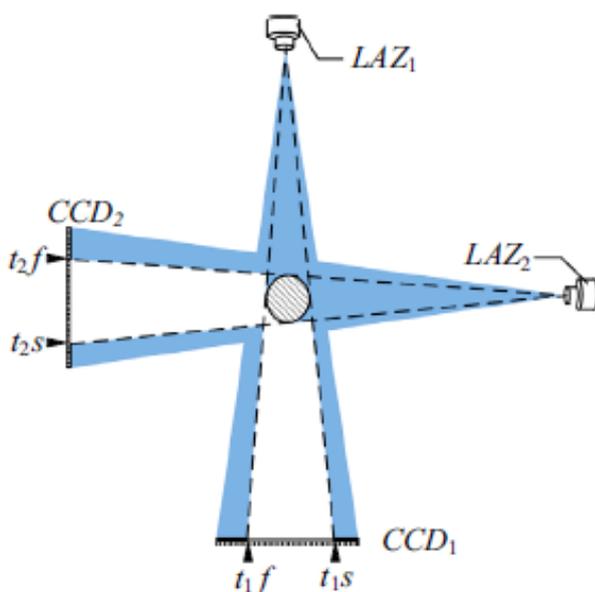


Рис. 18 Двухкоординатная измерительная схема

На рис. 18 показана схема оптического Двух координатная первичного измерительного преобразователя, который реализует эту методику измерения. Следы лазерных лучей, испускаемых точечными источниками излучения  $Laz_1$  и  $Laz_2$ , показаны пунктирными линиями. Эти лазерные лучи направлены тангенциально к кромкам заготовки и образуют светотеневые границы  $t_{1s}$ ,  $t_{1s}$  и  $t_{2f}$ ,  $t_{2s}$  на соответствующих многоэлементных фотоприемниках  $CCD_1$  и  $CCD_2$ .

При практическом применении точное определение геометрических границ растущих и падающих кромок теней заготовки с использованием многоэлементного фотоприемника является довольно сложным. Это связано с тем, что скорость нарастания и форма границ зависят от локального освещения фотоприемника и положения заготовки в плоскости, перпендикулярной поверхности фотоприемника. Царапины, пыль, грязь и другие дефекты во время эксплуатации оптического стекла измерительных приборов влияют на точность определения границы тени. Даже если эти дефекты будут учтены либо эффективно устранены, точность оптических инструментов ограничена дифракционными эффектами, возникающими на границах заготовки, что приводит к размытому эффекту тени.

Принцип определения теневой границы описывается на основе распределения экстремальных значений от края непрозрачного объекта. Принцип определения теневой границы широко используется в науке и технике. В частности, он применяется для повышения точности измерений геометрии различных материалов проволоки. Чтобы улучшить разрешение оптических преобразователей, основанных на методике измерения расходимости лазерного луча, анализ дифракционной картины Френеля крупномасштабных объектов проводился с помощью приборов, выпускаемых компаниями Sikora и Zumbach. Однако в вышеупомянутой литературе функция преобразования, позволяющая точно математически

#### **4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Для эффективного использования научного потенциала исследовательской работы необходимо прилагать усилия не только к ее разработке, но и к проведению ее анализа с точки зрения экономических требований, то есть определить затраты на разработку, продолжительность работ, рассмотреть вопрос об экономической эффективности научно-исследовательской работы.

##### **4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

###### **4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования**

В результатах исследования могут быть заинтересованы следующие потребители:

- производители кабельных изделий;
- производители труб и т.п.
- лаборатории, проводящие измерение цилиндрических объектов;

###### **4.1.2. Анализ конкурентных технических решений**

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации. В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стабильной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{\text{ср}} = \sum V_i B_i \quad (14)$$

где  $P_{\text{ср}}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

Значение  $P_{\text{ср}}$  позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя  $P_{\text{ср}}$  получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

Была составлена оценочная карта сравнения конкурентных технических решений, которая представлена в таблице 10. В данной таблице происходит оценка разработки.

Табл. 10 Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Сред. Значение
1. Эффективность регистрации	0,2	10	100	0,1	2
2. Чувствительность	0,2	20	100	0,2	4
3. Габариты	0,2	100	100	1	20
4. Затраты на производство и материалы	0,1	100	100	1	10

5. Простота изготовления	0,1	50	100	0,5	5
6. Затраты на обслуживание	0,05	100	100	1	5
7. Простота эксплуатации	0,05	70	100	0,7	3,5
8. Перспективность разработки	0,1	30	100	0,3	3
Итого	1	480	800	4,8	52,5

В данном случае разработка обладает средней перспективностью, так как значение показателя качества и перспективности научной разработки составляет 52,5.

#### **4.1.3. SWOT-анализ**

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции. Другими словами, сильные стороны – это ресурсы или возможности, которыми располагает руководство проекта и которые могут быть эффективно использованы для достижения поставленных целей.

Слабость – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает

недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами.

Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию.

Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту.

В таблице 11 представлен SWOT-анализ в виде таблицы, так же показаны результаты пересечений сильных и слабых сторон, возможностей и угроз.

Табл. 11 SWOT-анализ

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1. Относительно низкая стоимость конечного устройства.</p> <p>С2. Малые габаритные размеры.</p> <p>С3. Относительная простота реализации.</p> <p>С4. Широкий круг применения полученных результатов.</p> <p>С5. Создан рабочий прототип устройства.</p>	<p>1. Разработка малошумящего прототипа.</p> <p>2. Использование приборов чувствительным объемом, или которые оптимизированы под спектрометрию излучения.</p> <p>3. Внешний вид и конструкцию конечного устройства подстраивать под</p>
--	--	---

<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Изготовление прибора на базе Томского политехнического университета.</p> <p>В2. Увеличение чувствительности</p>	<p>1.Создание несколько вариантов устройства для достижения наилучших характеристик.</p> <p>2.Создание индивидуальных разработок под конкретные задачи.</p> <p>3. Налаживание массового производства.</p>	
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Отсутствие спроса, из-за плохих метрологических характеристик устройства</p> <p>У2. Наличие подобных исследований у конкурентов.</p> <p>У3.Появление новых более эффективных способов измерения.</p>	<p>1. Подписание индивидуальных договоров по разработке проектного решения.</p>	<p>1.Улучшение полученных характеристик, поиск новых конкурентных преимуществ.</p>

По итогу SWOT-анализа можно сделать вывод, что наилучшая стратегия применение результатов данной работы, это реализации нового прототипа, адаптированного для более узких задач, в котором применены решения для уменьшения погрешности.

#### **4.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации**

Для оценки готовности проекта к коммерциализации была заполнена специальная форма, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенции разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в таблице 12.

При проведении анализа по таблице 12 по каждому показателю ставилась оценка по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. Так, при оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность

проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Таблица 12

Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	3
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	3	3
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	2	3
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	1	1
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	3
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки,	1	1

	получения льгот		
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
15	Проработан механизм реализации научного проекта	3	3
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	35	36

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определялась по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

где  $B_{\text{сум}}$  – суммарное количество баллов по каждому направлению;

$B_i$  – балл по  $i$ -му показателю.

Значение  $B_{\text{сум}}$  позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации.  $B_{\text{сум}}$  имеет следующие значения 35 и 36, следовательно, перспективность научного проекта к коммерциализации оценивается как средняя.

Средний балл обусловлен тем, что рассматриваемая система (диаметромер) находится на стадии НИР (научно-исследовательская работа) и дальнейшего развития лаборатории для исследования оптического измерения, поэтому коммерциализация разработки не предусмотрена.

#### **4.1.5. Метод коммерциализации результатов научно-технического исследования**

Для дальнейшей реализации коммерциализации результатов научно-технического исследования и продвижении разработки для данной установки подходит метод инжиниринга.

В дальнейшем для продвижения установки предполагается предоставление на основе договора инжиниринга с нашей стороны как

консультантов, для заказчика, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием и сборкой установки в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика, усовершенствованием имеющихся производственных процессов вплоть до внедрения установки в производство.

#### 4.2. Инициация проекта

В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны, которые будут взаимодействовать и влиять на результат научного проекта. Заинтересованные стороны проекта указаны в таблице 12.

Табл.12. Заинтересованные стороны проекта

<b>Заинтересованные стороны проекта</b>	<b>Ожидание заинтересованных сторон</b>
Томский политехнический университет, научное сообщество	Гранты, статьи, публикации, выступления на конференциях.
Производители	Варианты реализации

Иерархия целей и результатов проекта представлена в таблица 13.

Табл. 13. Цели и результат проекта

<b>Цели проекта</b>	Исследование возможности улучшения имеющихся методов и средств.
<b>Ожидаемые результаты проекта</b>	1. Создать рабочий прототип прибора. 2. Провести измерение ОСГИ.

В таблице 14 перечислены лица, учувствовавшие в выполнении данного проекта.

Табл. 14 Рабочая группа проекта

<b>№ п/п</b>			<b>Функции</b>	<b>Трудо затрат, час.</b>
1	Федоров Е.М. доцент ИШНКБ, ОКД	Руководитель проекта	Руководитель магистерской диссертации, постановка целей и задач	18
2	Жоробеков А.С. магистрант ТПУ	Исполнитель проекта	Выполнение поставленных целей и задач	600
Итого				618

### **4.3. Планирование управления научно-техническим проектом**

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

Линейный график проекта представлен в виде таблицы 15, в которой находится информация о проведенных работ и информации об их исполнителях.

Таблица 7 Календарный план проекта

Код работы	Название	Длительность, раб. дни	Дата начала работ	Дата окончания	Состав участников
1	Выбор и утверждение направления исследования	2	01.02.2019	03.02.2019	Руководитель, магистрант
2	Изучение литературы по теме работы	6	04.02.2019	10.02.2019	Магистрант
3	Ознакомление с инструментом «Geant4»	6	11.02.2019	17.02.2019	Магистрант
4	Составление компьютерных моделей	5	18.02.2019	24.02.2019	Магистрант
5	Обработка и анализ результатов моделирования	6	25.02.2019	03.03.2019	Магистрант
6	Выбор дальнейших методов исследования	2	04.03.2019	05.03.2019	Руководитель, магистрант
7	Разработка и реализация прототипа	21	06.03.2019	31.03.2019	Магистрант
8	Проведение измерений ОСГИ	18	01.04.2019	21.04.2019	Магистрант
9	Обработка и анализ результатов измерений	6	22.04.2019	28.04.2019	Магистрант
10	Составление пояснительной записки	19	29.04.2019	26.05.2019	Магистрант
11	Оценка результатов НИР	2	27.05.2019	28.05.2019	Руководитель, магистрант
12	Подготовка к защите	7	29.05.2019	05.06.2019	Магистрант

Так как научная тема является сравнительно небольшого объема, в этом случае наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

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

Календарный план-график проведения НИР, в форме диаграммы Ганта, представлен в таблице 16. График был построен с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней).

Табл. 16 Календарный план-график проведения НИР



#### 4.4. Бюджет научно-технического исследования

##### 4.4.1. Расчет материальных затрат НИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{расхi}, \quad (15)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт. кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  –цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  –коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы были установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах организациями-поставщиками. Величина коэффициента  $K_T$ , отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы приняты как 3 процента от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки представлены в таблице 17.

Табл. 17 Сырье, материалы, комплектующие изделия

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Сумма, руб.
Диод (лазер) HLDH-808-B20001	шт.	1	2000	2000
Осциллограф LeCroy WaveSurfer 64Xs	шт.	1	16271,80	16271,80
Блок питания Element 3005D	шт.	1	5940	5940
Микросхема Terasic DE0 на базе FPGA Cyclone III	шт.	1	12880	12880
Резистор переменный 10 кОм	шт.	1	40	40
Резистор переменный 51 кОм	шт.	1	40	40
Светодиод L-132RD	шт.	5	5	25
Паяльный набор YINUA 947-III	шт.	1	1620	1620
Всего по статье				38816

Наиболее дорогостоящее специальное оборудование, которое применялось в данной работе – это компьютер, который применялся для проведения моделирования, обработки и анализа результатов, а также составления пояснительной записки. Стоимость компьютера составляет 50000 рублей. Расчеты амортизационных расходов на иное оборудование не целесообразно. Срок полезного использования компьютера составляет 5 лет, в соответствии с этим, расчеты амортизации линейным методом представлены в таблице 18.

Табл. 18 Расчет амортизации компьютера

Наименование	Количество	Цена за ед., руб.	Срок использования в работе, дней	Амортизация, руб.
Персональный компьютер	1	50000	100	2739

#### 4.5. Основная заработная плата исполнителей темы

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере от 20 до 30 % от тарифа или оклада.

Заработная плата включает в себя основную и дополнительную заработные платы. Дополнительная заработная плата составляет от 12 до 20 % от основной заработной платы.

Основная заработная плата ( $Z_{\text{осн}}$ ) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} T_p \quad (16)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = Z_m * M / F_d \quad (17)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года ( $M=10,4$  месяца для 6-дневной рабочей недели);

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени

научно-технического персонала, раб. дн.

Значение действительного годового фонда рабочего времени для

каждого исполнителя представлены в таблице 19

Табл. 19 Баланс рабочего времени.

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарный число дней	365	365
Количество не рабочих дней	66	66
Отпуск	48	48
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный должностной оклад работника считается по следующей формуле;

$$Z_m = Z_{TC}(1 + k_{пр} + k_d) * k_p \quad (17)$$

где  $Z_{TC}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

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

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно от 0,2 до 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер

обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: от 15 до 20 % от  $Z_{тс}$ );

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Магистрант получает заработную плату как инженер низшего разряда, в размере 12664 руб. Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда.

Результаты расчета основной заработной платы исполнителей работы приведены в таблице 20.

Табл. 20 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$ , Руб.	$K_{пр}$	$K_{д}$	$K_p$	$Z_{м}$ , Руб.	$Z_{д}^{\wedge}$ Руб.	Тр. раб. дн.	$Z_{осн}$ , Руб..
Руководитель	33664	-	-	1,3	43763	1813	6	10880
Магистрант	12664	-	-	1,3	16463	682	100	68214

#### 4.5.1. Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п.

Дополнительная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{доп} = K_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (18)$$

где  $Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$  – коэффициент дополнительной зарплаты (в данной работе 10 %);

$Z_{осн}$  – основная заработная плата, руб.

В таблице 21 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Табл. 21 – Заработная плата исполнителей НТИ

<b>Заработная плата</b>	<b>Руководитель</b>	<b>Магистран г</b>
Основная зарплата, руб.	10880	68214
Дополнительная зарплата, руб.	1088	6821
Зарплата исполнителя, руб.	11968	75035
Итого по статье, руб.	87003	

#### **4.5.1. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)**

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (19)$$

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

На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, ставка страховых взносов составляет 27,1 %. Полученные результаты расчетов отчислений во внебюджетные фонды представлены в таблице 22.

Табл. 22 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Зарплата исполнителя, руб.	Отчисления во внебюджетные фонды, руб.
Руководитель проекта	11968	3243
Магистрант-дипломник	75035	20335
Итого	87003	23578

#### 4.5.2. Накладные расходы.

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

В данном случае такими расходами являются расходы на электроэнергию. Стоимость 1 кВт/час – составляет 5,8 руб. Компьютер был использован на протяжении 600 часов и имеет потребление 440 Вт/час. Паяльник был использован на протяжении 5 часов и имеет потребление 216 кВт/ч. С учетом вышеперечисленного, накладные затраты равны:

$$Z_{\text{накл}} = (600 \cdot 0,440 + 5 \cdot 216) \cdot 5,8 = 7795 \text{ руб.} \quad (20)$$

#### 4.5.3. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 23.

Табл. 23 Формирование бюджета затрат проекта

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	4315
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	87003
3. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	2739
4. Отчисления во внебюджетные фонды	23578
5. Накладные расходы	7795
6. Бюджет затрат НТИ	125430

#### 4.6. Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты. Информация о таких рисках для данного проекта представлена в таблице 24.

Табл. 24 Реестр рисков

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (от 1 до 5)	Влияние риска (от 1 до 5)	Уровень риска*	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Технический	Невозможность реализации требуемых условий	5	5	высокий	Привлечение консультанта по электронике	Выполнение технического задания от предприятия
2	Отсутствие финансирования	Отсутствие заинтересованности в реализации проекта	2	2	средний	Рассмотрение конкурентных преимуществ, поиск инвесторов перед началом работ	После окончания исследовательской составляющей НИР
3	Низкий уровень организации проекта	Медленный прогресс работы, низкое качество продукта на выходе	2	3	низкий	Создание рабочей группы, финансирование	Реализация проекта

Вывод: При анализе рисков проекта было выявлено, что данная работа имеет ряд проблем, например, невозможность выполнения требуемой точности при разработке данного проекта. Для того чтобы повысить точность прибора до требуемого значения нужно привлечь консультанта по электронике для настройки и отладки устройства.

#### 4.7. Определение ресурсной эффективности

##### 4.7.1. Оценка сравнительной эффективности исследования

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

#### 4.7.2. Интегральный финансовый показатель эффективности

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} \quad (21)$$

Где  $I_{\Phi}^p$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта

Для данной работы для сравнения был взят: Цикада-2.72 стоимостью 200000 руб.

Табл. 25- Интегральный финансовый показатель

	Текущий проект	Цикада-2.72
Стоимость	160 000 р.	210 000 р.
$\Phi_{pi}$	160 000	210 000
$\Phi_{max}$	210000	
$I_{\Phi}^p$	0,76	1

### 4.7.3. Интегральный показатель ресурсоэффективности

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad (22)$$

где  $I_m$  – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го параметра;

$b_i^a; b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го параметра для аналога и разработки устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности проведён в форме таблицы 26.

Табл. 26 Интегральный показатель ресурсоэффективности

Критерии	Весовой коэффициент параметра	« Цикада – 2.72»	«Текущий проект»
1 Возможность модернизации	0,5	5	3
2 Удобство в эксплуатации	0,1	5	5
3 Точность сканирования	0,1	4	4
4 Компактность	0,1	3	3

5 Регулировка дальности сканирования	0,2	5	4
ИТОГО	1	22	19

«Цикада-2.72» =  $5*0,5+5*0,1+4*0,1+3*0,1+5*0,2=4,7$

«Текущий проект» =  $3*0,5+5*0,1+4*0,1+3*0,1+4*0,2=3,5$

#### 4.7.4. Интегральный показатель эффективности разработки

Интегральный показатель эффективности разработки  $I_{\text{финр}}^p$  и аналога  $I_{\text{финр}}^a$  определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\phi}^p}, \quad I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\phi}^a} \quad (23)$$

Исходя из этого получаем следующие результаты интегрального показателя эффективности разработки:

«Текущий проект» =  $4,7/0,87=5,4$

«Цикада-2.72» =  $3,5/1=3,5$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\text{Э}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a} \quad (24)$$

где  $\text{Э}_{\text{ср}}$  – сравнительная эффективность проекта;  $I_{\text{финр}}^p$  – интегральный показатель разработки;  $I_{\text{финр}}^a$  – максимальный интегральный технико-экономический показатель из представленных.

Исходя из этого получаем следующие результаты:

$$\text{«Цикада – 2.72»} = \frac{5,4}{5,4} = 1$$

$$\text{«Текущий проект»} = \frac{3,5}{5,4} = 0,64$$

Табл. 27 Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	« Цикада-2.72 »	«Текущий проект»
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,87	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,7	3,5
3	Интегральный показатель эффективности	5,4	3,5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,64

Отсюда следует что самый дорогой вариант проекта «Цикада-2.72» (210 000р), интегральный показатель которого равен 1, а самый дешёвый вариант текущий проект, интегральный показатель которого равен 0,6.

Проведя анализ сравнительная эффективность разработки и составив по нему таблицу 19 можно сделать следующий вывод:

Текущая разработка является лучшим вариант из рассмотренных, и в дальнейшем позволит модернизировать установку для проведения лабораторных работ.

Полученные данные позволяют сделать следующие выводы: интегральный показатель ресурсоэффективности разработки превышает показатели аналогов, что говорит о том, что исследуемая система достаточно эффективна и может конкурировать с системами подобного типа. Однако, показатель сравнительной эффективности показывает, что технические слабости в разрабатываемой системы присутствуют и их необходимо решать.

Выводы по разделу

В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были решены следующие задачи:

1. Проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования на примере SWOT-анализа, результат которого показал большой потенциал применения установки, а также возможность быстрого выхода на внутренний рынок обеспечены актуальностью данной аппаратуры.
2. Определена структура работ и количество исполнительней работы. Разработан календарный план-график для проведения НИР. Определена трудоемкость проведения работ. Ожидаемая трудоемкость работ для научного руководителя составила 18 часов, для студента-исполнителя составила 600 часов. Общая длительность выполнения работы составила 618 часов.
3. Проведена сравнительная оценка эффективности исследования в виде интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя.

## Приложение А

Раздел  
Overview of measurement methods

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ72	Жоробеков А. С.		

Консультант школы отделения (НОЦ) ИШНКБ, ОКД :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОКД	Федоров Е. М.	к. т. н.		

Консультант – лингвист отделения (НОЦ) школы ШБИП, ОИЯ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель	Смирнова У. А.			