

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники Направление подготовки – 27.04.01 Стандартизация и метрология
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Совершенствование эталонной базы для поверки дальномеров

УДК1 528.51:621.3089.68

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ01	Верецун Юлия Ивановна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Худоногова Людмила Игоревна	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН ШБИП	Жиронкин Сергей Александрович	д.э.н. профессор		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Федоренко Ольга Юрьевна	д.м.н. профессор		

По разделу на иностранном языке

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОИЯ ШБИП	Маркова Наталия Александровна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Муравьев Сергей Васильевич	д.т.н, профессор		

**Планируемые результаты освоения направления
27.04.01 «Стандартизация и метрология»**

Код компетенции	Наименование компетенции
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, выработывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, самостоятельно изучать научно-техническую документацию своей профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Способен определить математическую и техническую сущность задач и провести ихкачественно-количественный анализ
ОПК(У)-3	Способен на основании статистических методов участвовать в проведении корректирующих и превентивных мероприятий,направленных на улучшение качества, интерпретировать и представлять результаты
ОПК(У)-4	Способен анализировать полученные результаты измерений на основе их физической природы и принимать обоснованные решения в области профессиональной деятельности
ПК(У)-1	способен к разработке и практической реализации систем стандартизации, сертификации и обеспечения единства измерений
ПК(У)-2	готов обеспечить необходимую эффективность систем обеспечения достоверности измерений при неблагоприятных внешних воздействиях и планирование постоянного улучшения этих систем
ПК(У)-3	способен анализировать состояние и динамику метрологического и нормативного обеспечения производства, стандартизации и сертификации на основе использования прогрессивных методов и средств

ПК(У)-4	способен обеспечить выполнение заданий по разработке новых, пересмотру и гармонизации действующих технических регламентов, стандартов и других документов по техническому регулированию, стандартизации, сертификации, метрологическому обеспечению и управлению качеством
ПК(У)-5	способен разрабатывать процедуры по реализации процесса подтверждения соответствия
ПК(У)-6	готов обеспечить эффективность измерений при управлении технологическими процессами
ПК(У)-7	готов обеспечить надежность и безопасность на всех этапах жизненного цикла продукции
ПК(У)-8	способен к автоматизации процессов измерений, контроля и испытаний в производстве и при научных исследованиях
ПК(У)-29	готов участвовать в научной и педагогической деятельности в области метрологии, технического регулирования и управления качеством

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

Школа – Инженерная школа Информационных технологий и робототехники (ИШИТР)
 Направление подготовки – 27.04.01 Стандартизация и метрология
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение Автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ С.В. Муравьев
 (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
8ГМ01	Верещун Юлии Ивановны

Тема работы:

Совершенствование эталонной базы для поверки дальномеров
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	15.02.2021 №46–24/с
---	---------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

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

Объект исследования: комплекс средств измерений (СИ) и вспомогательного оборудования (ВО) для измерения длины базиса (МИ ПМП). Поверка базиса линейного эталонного

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><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"> 1 Введение 2 Анализ существующих методов и средств поверки лазерных дальномеров 3 Поверка лазерного дальномера 4 Эталонная база для поверки лазерных дальномеров 5 Базис линейный эталонный 6 Социальная ответственность 7 Финансовый менеджмент 8 Заключение
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	Презентация, выполненная в программе Microsoft Power Point
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p style="text-align: center;">Раздел</p>	<p style="text-align: center;">Консультант</p>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Профессор , к.э.н., Жиронкин С.А.
Социальная ответственность	профессор ОКД ШБИП, д.м.н., Федоренко О.Ю.
Раздел, выполненный на английском языке	старший преподаватель ОИЯ ШБИП, Маркова Н.А.
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p> <p>Анализ существующих методов и средств поверки лазерных дальномеров (Analysis of existing methods and means of verification of laser rangefinders)</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	12.01.2021
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Худоногова Людмила Игоревна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ01	Верецун Юлия Ивановна		

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

Студенту:

Группа 8ГМ01	ФИО Верецун Юлии Ивановне
------------------------	-------------------------------------

Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	24.07.01 Стандартизация и метрология

Тема ВКР:

Совершенствование эталонной базы для поверки дальномеров

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

Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально–технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	1 Стоимость расходных материалов; 2 Норматив заработной платы
Нормы и нормативы расходования ресурсов	Коэффициенты для расчета заработной платы.
Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды (30,2%).

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	1 потенциальные потребители результатов исследования; 2 диаграмма Исикава; 3 SWOT–анализ.
Разработка устава научно-технического проекта	1 Цели и результат проекта. 2 Организационная структура проекта. 3 Ограничения и допущения проекта.
Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	– определение показателя научно–технического уровня.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1 Портрет» потребителя результатов НТИ 2 Сегментирование рынка 3 Оценка конкурентоспособности технических решений 4 Матрица SWOT 5 Диаграмма Гантта 6 Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Жиронкин Сергей Александрович	Профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ01	Верецун Юлия Ивановна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 8ГМ01		ФИО Верецун Юлия Ивановна	
Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	27.04.01 Стандартизация и метрология

Тема ВКР: **Совершенствование эталонной базы для поверки дальномеров**

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p><i>Объект исследования: комплекс средств измерений (СИ) и вспомогательного оборудования (ВО) для измерения длины базиса (МИ ПМП).</i></p> <p><i>Область применения: машиностроение.</i></p> <p><i>Рабочая зона: лаборатория.</i></p> <p><i>Размеры помещения: 24*12 м.</i></p> <p><i>Вид системы отопления: водяное.</i></p> <p><i>Способ вентиляции: принудительный (вентиляция с фильтрацией воздуха).</i></p> <p><i>Освещение: направленный свет.</i></p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: персональный компьютер, методика поверки, светодальномер.</i></p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: измерение длины базиса линейного эталонного.</i></p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 09.03.2021)</p> <p>Федеральный закон N 102-ФЗ Об обеспечении единства измерений;</p> <p>Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.02 г. № 7-ФЗ.</p> <p>ГОСТ 12.1.038 – 82 ССБТ «Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов»;</p> <p>ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности;</p> <p>МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности»;</p> <p>ГОСТ 19223-90. Светодальномеры геодезические. Общие технические условия»;</p> <p>РТМ 68-8.20-93. Полигоны геодезические. Общие технические требования.;</p> <p>ТОИ Р-07-001-98 Типовая инструкция по охране труда общие требования безопасности для профессий и видов работ, выполняемых в полевых условиях»;</p> <p>СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов»;</p> <p>ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к контролю и охране от</p>

	загрязнения
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов – Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора 	<p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Пониженная/повышенная температура воздуха; 2. Статистические перегрузки- монотонность, усталость; 3. Подвижные части производственного оборудования; 4. Повышенный уровень лазерных излучений; 5. Отклонение показателей микроклимата; 6. Длительное сосредоточенное наблюдение. <p>Опасные факторы:</p> <p>Поражение электрическим током; Короткое замыкание; Статическое электричество.</p> <p>К средствам индивидуальной защиты от поражения лазером относятся: -защита для глаз; - средства защиты лица</p> <p>К средствам коллективной защиты от поражения лазером относятся: -средства защиты от повышенного уровня лазерного излучения</p> <p>Расчет будет проводится по понижению лазерных излучений</p>
<p>3. Экологическая безопасность при эксплуатации:</p>	<p>Воздействие на селитебную зону: <u>не выявлено</u></p> <p>Воздействие на гидросферу <u>не выявлено</u></p> <p>Воздействие на атмосферу <u>не выявлено</u></p> <p>Основные виды загрязнения литосферы – твердые бытовые и промышленные отходы.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации:</p>	<p>Возможные ЧС:</p> <p>Природные катастрофы (наводнения, ураган); Геологические воздействия (землетрясение, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.) Техногенные аварии (пожар)</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожар.</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Федоренко Ольга Юрьевна	Д-р мед. наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ01	Верещун Юлия Ивановна		

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

Школа – Инженерная школа Информационных технологий и робототехники (ИШИТР)

Направление подготовки – 27.04.01 Стандартизация и метрология

Отделение школы (НОЦ) – Отделение Автоматизации и робототехники

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ–ПЛАН

выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2021
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
08.02.2022	1. Анализ существующих методов и средств поверки лазерных дальномеров	10
01.03.2022	2. Эталонная база для поверки лазерных дальномеров	20
22.03.2022	3. Базис линейный эталонный	30
12.04.2022	4. Разработка методики поверки на базис	30
14.05.2022	5. Финансовый менеджмент	5
17.05.2022	6. Социальная ответственность	5

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Худоногова Людмила Игоревна	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Муравьев С.В.	д.т.н., профессор		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 127 с., 5 рисунков, 19 таблиц, 30 источников, 5 приложений.

Ключевые слова: дальномеры лазерные, поверка лазерного дальномера, методика поверки, базисы линейные эталонные.

Объектом исследования являются дальномеры лазерные.

Цель работы – совершенствование эталонной базы для поверки дальномеров.

В процессе работы изучили процесс поверки дальномеров лазерных и особенности эталонных базисов; определили характеристики базисов; разработали сопроводительную документацию для утверждения типа базисов; определили процедуру поверки базиса, выбрали эталон, разработали процедуру расчета погрешности; разработали методику поверки базиса.

Область применения: разработанная методика поверки будет применяться инженером по метрологии ФБУ «Томский ЦСМ» при первичной и периодической поверке «Базиса линейного эталонного».

Выпускная квалификационная работа выполнена при помощи текстового редактора *Microsoft Word 2007* и предоставлена на листах А4.

Оглавление

Введение	14
1 Анализ существующих методов и средств поверки лазерных дальномеров	15
1.1 Лазерные дальномеры	15
1.1.1 Функции лазерных дальномеров. Сферы применения	15
1.1.2 Классификация дальномеров лазерных	17
1.1.3 Характеристики и устройство лазерного дальномера	18
1.2 Поверка лазерного дальномера	20
1.2.1 Поверка средств измерений	20
1.2.2 Порядок и особенности поверки лазерных дальномеров	24
1.3 Методики поверки лазерных дальномеров	28
1.3.1 МП АПМ 34-13 Методика поверки «Дальномеры лазерные Leica DISTO D5 и Leica DISTO D8»	28
1.3.2 МП АПМ 12-18 Методика поверки Дальномеры лазерные GLM 120 С	29
1.3.3 МП 2511/0013-2006 Методика поверки Дальномеры лазерные Stabila LE40/50/200	29
1.3.4 МП АПМ 26-16 Методика поверки Дальномеры лазерные Leica DISTO D2	30
1.3.5 Сравнительный анализ методик поверки лазерных дальномеров	32
2.1 Эталоны определения длины	35
2.1.1 Мерные ленты и рулетки	37
2.1.2 Базисный прибор и длиномеры	39
2.1.3 Оптический дальномер	40
2.1.4 Электронные тахеометры, свето-дальномеры и лазерные дальномеры	41
2.1.5 Радиодальномеры	42
2.1.6 Требования к эталонам длины	42

2.2	Базис линейный эталонный	44
2.2.1	Назначение и характеристики эталонного линейного базиса	45
2.2.2	Технические средства определения длин эталонных линейных базисов	46
3	Подготовка линейного эталонного базиса для использования в качестве эталона	48
3.1.1	Утверждение типа средств измерений	48
3.1.1	Паспорт на линейный эталонный базис	50
3.1.2	Описание типа средства измерения	50
3.1.3	Программа испытаний	51
3.1.4	Акт и протокол испытаний	51
3.2	Поверка линейного эталонного базиса	53
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	55
4.1	Потенциальные потребители результатов исследования	56
4.2	SWOT-анализ	56
4.3	Оценка готовности проекта к коммерциализации	58
4.4	Инициация проекта	61
4.5	Планирование управления научно-исследовательского проекта	62
4.6	Бюджет научного исследования	64
4.7	Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	68
5	Социальная ответственность	75
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	76
5.2	Производственная безопасность	77
5.2.1	Анализ вредных факторов	79
5.2.1.1	Повышенная или пониженная температура воздуха	79
5.2.1.2	Подвижные части производственного оборудования	80
5.2.1.3	Повышенный уровень лазерных излучений	82
5.2.1.4	Отклонения показателей микроклимата	82
5.2.1.5	Статические физические перегрузки	83

5.2.2 Анализ опасных факторов	84
5.2.2.1 Электрический ток	84
5.2.2.2 Короткое замыкание	85
5.2.2.3 Статическое электричество	86
5.3 Экологическая безопасность	87
5.5 Выводы по разделу «Социальная ответственность»	89
5.5 Список использованной литературы	91
Приложение А (справочное) Государственная поверочная схема координатно-временных средств измерений	94
Приложение Б (справочное) Базис линейный эталонный. Паспорт.	95
Приложение В (обязательное) Проект описание типа средств измерений	98
Приложение Г (справочное) Базис линейный эталонный Методика поверки	101
Приложение Д (справочное) Improvement of the reference base for verification of rangefinders	107

Введение

В настоящее время широко используются средства линейных измерений, основанные на принципах лазерной дальнометрии. Современные углоизмерительные приборы, такие как электронные тахеометры, оснащены лазерными дальномерами, что позволяет проводить не только измерения углов между объектами, но и расстояния до этих объектов. При этом развитие и совершенствование лазерных дальномеров, возрастающие требования к их точности и надежности приводят к необходимости создания новых методов и средств контроля метрологических характеристик данных приборов. Поэтому совершенствование эталонной базы для поверки дальномеров является на данный момент актуальной задачей.

Известные эталонные средства для поверки и исследований дальномерных блоков геодезических приборов является геодезический полигон с набором базисных линий разной длины. Полигон - открытый участок местности размером от нескольких сотен до нескольких километров в поперечнике, имеющий сложную и дорогостоящую в содержании инфраструктуру. Поверка угломерной части тахеометра производится в нормальных лабораторных условиях на коллиматорных стендах. Отсюда возникает необходимость совмещения средств поверки угломерной и дальномерной частей оптоэлектронного прибора, что позволит контролировать обе части прибора при одинаковых условиях. Также требуется миниатюризация базисных линий до размера, сопоставимого с размерами коллиматорного стенда, что в итоге повысит экономическую эффективность мероприятий, связанных с поверкой лазерных дальномеров.

1 Анализ существующих методов и средств поверки лазерных дальномеров

1.1 Лазерные дальномеры

Лазерным дальномером называют устройства для измерения расстояния с широкой сферой применения.

Работа лазерных дальномеров создана на излучении сигнала, частота которого не превышает 500 МГц. Волна имеет неизменную длину (500-1100 нанометров). Фотоприёмник принимает отражающийся от объекта импульс, а измеряемое расстояние определяется на основании расчёта разницы между изначальной и конечной фазами сигнала. Лазерные дальномеры обеспечивают высокую точность измерений при удалённости объекта не более 1 км.

1.1.1 Функции лазерных дальномеров. Сферы применения

К основным функциям лазерных дальномеров относятся следующие функции.

1) Определение расстояния из разных точек отсчета.

У лазерного дальномера есть несколько точек отсчета, что связано с особенностями измерения. Луч лазера исходит из корпуса прибора, так что при измерении расстояния от одной стены до другой придется учитывать длину этого корпуса. Она ведется от заднего торца устройства, от переднего торца или от упорной скобы (при ее наличии). Когда нужно узнать точную длину объекта, скобу выдвигают на 90 градусов.

2) Измерение площади и объема.

Для измерения лазерным дальномером площади прямоугольника нужно определить его длину, ширину и нажать на специальную кнопку. Прибор рассчитает площадь фигуры и выведет результат на экран. Для

определения объема параллелепипеда придется измерить его длину, ширину и высоту. Некоторые электронные рулетки умеют измерять углы, площади и объемы более сложных фигур. Такие измерения помогут быстро определить площадь пола, потолка, стен или узнать объем конструкции. Последнее потребуется, например, при строительстве бассейна или установке кондиционера, когда нужно знать объем воздуха кондиционируемых комнат. В некоторых приборах есть специальная функция маляра, которая складывает длины стен помещения и умножает на высоту, чтобы узнать общую площадь окрашиваемого или оклеиваемого обоями помещения.

3) Непрерывные измерения.

У лазерных рулеток есть один минус по сравнению с обычными рулетками. В то время как мерной лентой легко отступить от стены на заданное расстояние, лазерной линейке нужна поверхность, от которой отразится луч. Для решения этой проблемы придумана функция непрерывных измерений. То есть если нужно отступить от стены, положим, на полтора метра, нужно включить эту функцию и постепенно отходить от стены. В это время прибор будет делать промеры через 1 секунду (зависит от настроек), что поможет отступить на точно заданное расстояние.

4) Измерения на основе вычислений.

Если длину линии по каким-то причинам измерить прибором не получается, можно рассчитать ее по определенным формулам. Представим, что у помещения наклонная крыша. Тогда для определения длины наклонной линии понадобится не прямоугольник, а трапеция. Измерить три линии этой трапеции дальномером труда не составит, в то время как длину четвертой линии прибор рассчитает сам по функции трапеции.

Аналогично рассчитывается и высота до объекта, если напрямую измерить ее затруднительно. Тогда измеряется расстояние до этой точки по диагонали (гипотенуза) и по горизонтали (первый катет). По известной со школьного курса геометрии теореме Пифагора прибор рассчитает вертикаль

(второй катет). Такой расчет возможен только для прямоугольных треугольников, то есть в случае вертикальных, а не наклонных поверхностей.

5) Определение минимума и максимума.

Определить с помощью лазерного дальномера длину диагонали большой комнаты не так-то просто, поскольку нужно четкое попадание из угла в угол. Режим максимума помогает снизить риск ошибки и предполагает проведение нескольких последовательных замеров. Прибор ориентируется на первый замер и считает его наименьшим. Если при последующих замерах найдется большее значение, то оно и будет считаться длиной диагонали. Это делается из соображений, что длина диагонали всегда является наибольшей величиной из всех возможных длин помещения.

Режим минимума аналогичен предыдущему и снижает риски измерить расстояние не строго под прямым углом, а по диагонали. Например, нужно измерить расстояние от пола до потолка. Тогда в режиме минимума прибор найдет наименьшее из всех измеренных значений.

Лазерные дальномеры находят широкое применение в следующих сферах:

1. Строительство.
2. Некоторые виды геодезических работ.
3. Сканеры.
4. Робототехника.
5. Навигация.
6. Геодезия.
7. Военное дело.
8. Астрономия и т.д.

1.1.2 Классификация дальномеров лазерных

По назначению лазерные дальномеры делят на бытовые и профессиональные. Первые чаще всего имеют небольшую (до 10 м) или

среднюю (до 50 м) дальность измерения, и ограниченный функционал. Профессиональные электронные рулетки способны измерять расстояния более двухсот метров, имеют широкий набор функций и могут работать в сложных погодных условиях. Большая дальность необходима при возведении крупных объектов, измерении территории и в других случаях.

По области применения лазерные дальномеры делятся на разные категории. Есть дальномеры для промышленности, военной сферы, геодезии, строительства

По принципу работы бывают импульсные дальномеры и фазовые. Импульсные содержат встроенный таймер, с помощью которого определяют время отражения луча от объекта. На основании времени и скорости света рассчитывается расстояние. У импульсных лазерных рулеток мощный лазер, так что они могут измерять значительные расстояния, но обладают меньшей точностью по сравнению с фазовыми. Снижение точности связано с тем, что на расстоянии даже в несколько сот метров световой луч отражается слишком быстро (скорость света 300 тыс. км/с), что требует сверхточного таймера. Свое название импульсные рулетки получили из-за того, что в них луч лазера посылается импульсами.

В фазовых лазерных дальномерах луч посылается постоянно и модулируется сигналом определенной частоты. Отраженная от объекта волна фиксируется фотоприемником. Волна посылается в одной фазе, а отражается в другой, так что разность фаз и позволяет вычислить расстояние до объекта. Фазовые дальномеры более точны, но из-за постоянной работы лазера теряют в мощности луча, потому используются в основном для измерения на небольших расстояниях.

1.1.3 Характеристики и устройство лазерного дальномера

Вне зависимости от того, какими дополнительными опциями оснащён лазерный дальномер, он обладает следующими характеристиками.

1) Диапазон измерений. Показывает максимальное расстояние, на котором прибор может измерить параметры объекта с точностью, заявленной производителем; у современных моделей этот показатель достигает 100 м.

2) Точность. Допустимая погрешность измерений, обычно находится в пределах 3 мм.

3) Питание. Обычно осуществляется от элементов АА или ААА, некоторые модели питаются от аккумуляторов или элементов питания нестандартных типов.

4) Масса. Современные компактные дальномеры весят до 150 грамм. Более тяжёлые модели неудобны в использовании, особенно если с прибором приходится работать постоянно.

Наиболее популярными являются следующие дополнения:

1) Уровень. С его помощью можно определить отклонения плоскостей по вертикали и горизонтали.

2) Угломер. В совокупности с уровнем позволяет производить одновременно несколько измерений.

3) Защита от пыли и влаги. Дальномеры являются точными электронными устройствами. Попадание внутрь пыли или влаги может привести к выходу его из строя. Защищёнными корпусами оснащаются практически все современные модели. Однако если прибор планируется эксплуатировать в неблагоприятных условиях, рекомендуется выбрать вариант с повышенной защитой.

4) Подсветка. Даже на дорогостоящих моделях со множеством дополнительных опций иногда можно встретить монохромный дисплей и клавиатуру без подсветки.

Устройство лазерного дальномера показано на рисунке 2.

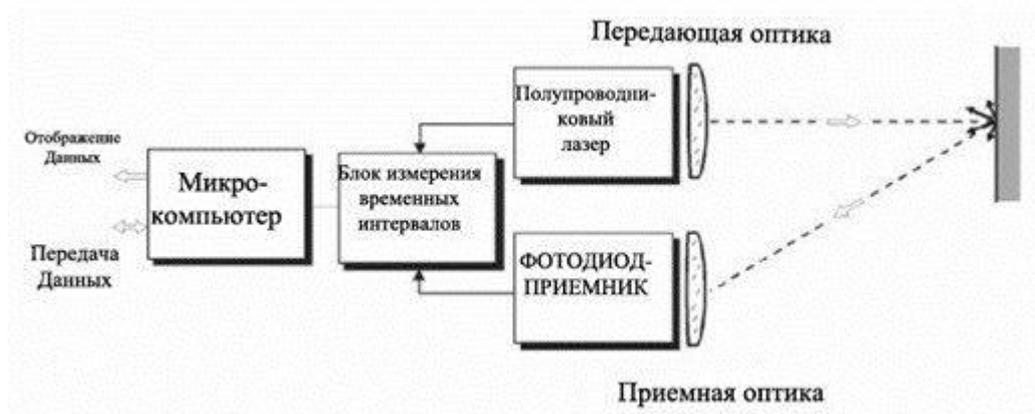


Рисунок 1 – Структура лазерного дальномера

Дальномер состоит из следующих узлов:

- 1) Излучатель – он генерирует луч и отправляет его в нужную точку.
- 2) Отражатель – он необходим для приема, отраженного от объекта луча.
- 3) Микропроцессор, для выполнения необходимых расчетов.
- 4) Предустановленная программа необходимая для обработки полученных при замерах данных.
- 5) Прицел, позволяющий направить луч в необходимое место.
- 6) Уровень, с помощью которого прибор можно строго выставить в горизонтальной или вертикальной плоскости.

1.2 Поверка дальномера лазерного

1.2.1 Поверка средств измерений

Согласно федеральному закону № 102-ФЗ, под поверкой средств измерений следует понимать определенную совокупность операций, которая выполняется для подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям [1].

Классификация поверок представлена в ГОСТ 8.513-84 [2]. Согласно данному документу, существуют следующие виды поверок:

- первичная поверка, которой подлежат те средства измерений, которые были выпущены из производства или ремонта, а также поступившие по импорту;

- периодическая поверка, которой подлежат средства измерений, которые уже эксплуатируются или находятся на хранении. Данная поверка проводится через некоторые интервалы, установленные таким образом, чтобы была обеспечена пригодность к применению средств измерений на период между поверками;

- внеочередная поверка, которая проводится в таких случаях как передача на длительное хранение, утеря документов о произведенной поверке, повреждение поверительного клейма и т.п.;

- инспекционная поверка, которую осуществляют для выявления пригодности к эксплуатации средств измерений при осуществлении государственного надзора и ведомственного контроля за состоянием и эксплуатацией средств измерений;

- экспертная поверка, проводящаяся при возникновении спорных ситуаций по метрологическим характеристикам средств измерений, его исправности и пригодности к эксплуатации.

Поверку могут осуществлять либо органы государственной метрологической службы, либо специальные лица, прошедшие аттестацию в качестве государственных или ведомственных поверителей. В процессе поверки выявляются погрешности работы геодезического прибора.

В связи с тем, что в большинстве случаев для поверки приборов используют эталоны, дадим определение понятия эталона. Под эталоном следует понимать образцовую меру, служащую для хранения, воспроизведения и передачи единиц каких-либо величин с наивысшей достижимой на данный момент времени точностью.

Согласно ГОСТ Р 8.885-2015[3], эталоны существуют следующих видов:

- первичные эталоны, которые используются в качестве исходных эталонов; их предназначение состоит в том, что они должны воспроизводить, хранить и передавать единицы величины с наивысшей точностью;
- вторичные эталоны, которые получают единицу величины от государственных первичных эталонов;
- рабочие эталоны, которые представляют из себя эталоны, предназначенные для передачи размера единицы рабочим средствам измерений;
- эталоны сравнения, применяемые для сличения тех эталоном, которые по какой-либо причине не могут быть сличены друг с другом непосредственно.

Отметим важные свойства эталона:

- неизменность, под которой понимается то, что эталон должен удерживать неизменным размер воспроизводимой им единицы в течение продолжительного интервала времени;
- воспроизводимость, т.е. эталон должен обладать возможностью воспроизведения единицы физической величины на основе ее теоретического определения с наименьшей погрешностью;
- сличаемость, то есть эталон должен обладать возможностью быть сличенным с эталоном других средств измерений.

Порядок передачи единицы какой-либо величины от более точного эталона к менее точному эталону обязательно регламентируется поверочной схемой.

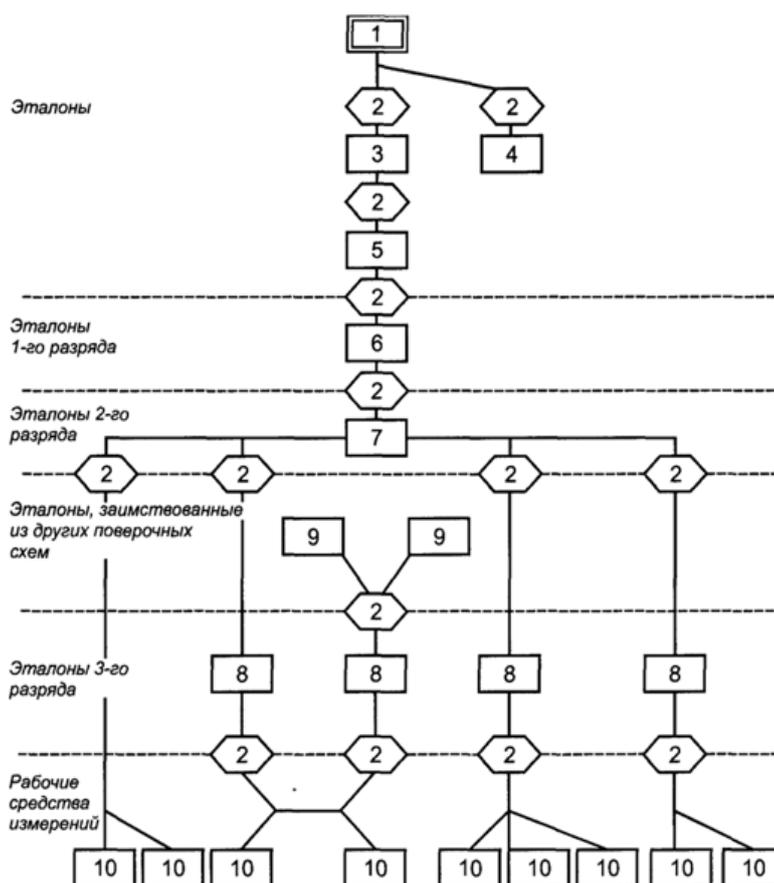
Согласно ГОСТ 8.061-80[4], поверочные схемы бывают следующих видов:

- государственная поверочная схема, распространяющаяся на все средства измерений данной физической величины, которые применяются в стране;

– ведомственная поверочная схема, распространяющаяся на средства измерений, которые подлежат поверке внутри ведомства;

– локальная поверочная схема, распространяющаяся на средства измерений, которые подлежат поверке в данном органе государственной или ведомственной метрологической службы.

Отметим, что локальная и ведомственная поверочные схемы могут быть разработаны при отсутствии государственной. Общий вид поверочной схемы представлен на рисунке 1.



1 – государственный эталон; 2 – метод передачи размера единицы; 3 – эталон-копия; 4 – эталон сравнения (для международных сличений); 5 – рабочий эталон; 6-8 – образцовые средства измерений соответствующих разрядов; 9 – образцовые средства измерений, заимствованные из других поверочных схем; 10 – рабочие средства измерений.

Рисунок 2 – Образец поверочной схемы

Дальномер лазерный в поверочной схеме относится к рабочим средствам измерения.

1.2.2 Порядок и особенности поверки лазерных дальномеров

Поверка дальномеров проводится согласно методике поверки. В поверку входит:

- внешний осмотр;
- опробование;
- определение абсолютной погрешности и среднеквадратической погрешности (СКП) измерений расстояний.

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие дальномера следующим требованиям:

- отсутствие механических повреждений и других дефектов, влияющих на эксплуатационные и метрологические характеристики;
- наличие маркировки и комплектности согласно требованиям эксплуатационной документации.

Если перечисленные требования не выполняются, дальномер признают негодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

При опробовании должно быть установлено соответствие дальномера следующим требованиям:

- отсутствие качки и смещений неподвижно соединенных деталей и элементов;
- работоспособность дальномера с использованием всех функциональных режимов;
- дискретность отсчетов измерений должны соответствовать эксплуатационной документации.

Абсолютная погрешность и СКП измерений расстояний определяется путем измерений не менее трех контрольных (эталонных) линий, действительные длины которых равномерно расположены в диапазоне измерений расстояний дальномера и измерены эталонным СИ. Контрольные линии до 2 м определяются с помощью эталонной измерительной ленты, от 2 м – с помощью эталонного светодальномера. Для каждой контрольной линии проводится не менее 10 измерений. Измерения контрольных линий производятся на поверхность белого цвета в пасмурную погоду или в помещении при слабом освещении. Абсолютная погрешность измерений каждой контрольной линии вычисляется по формуле:

$$\Delta S = \left(\frac{\sum_{i=1}^n S_{ij}}{n} - S_{0j} \right) \pm 2 \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_{ij} - \frac{\sum_{i=1}^n S_{ij}}{n})^2}{n-1}} \quad (1)$$

где ΔS - абсолютная погрешность измерений j -го расстояния при i -ом приеме, мм;

S_{0j} – эталонное (действительное) значение j -го расстояния;

S_{ij} - измеренное значение j -го расстояния i -м приемом;

n – число приемов измерений j -ого расстояния.

СКП измерений каждой линии вычисляется по формуле:

$$m_{S_i} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_{0j} - S_{ij})^2}{n}} \quad (2)$$

где m_{S_i} – СКП измерений j -ого расстояния.

Значение абсолютной погрешности A_i измерений расстояний не должно превышать:

$\pm 2 \cdot (1,50 + 0,05 \cdot 10^{-3} \cdot D)$ мм - при благоприятных условиях;

$\pm 2 \cdot (3,00 + 0,15 \cdot 10^{-3} \cdot D)$ мм - при неблагоприятных условиях.

Благоприятными условиями считается измерение на поверхность со 100% отражательной способностью (стена, окрашенная в белый цвет) при низкой фоновой освещенности и умеренной температуре (плюс 25°C).

Неблагоприятными условиями считается измерение на поверхность с (10 - 100) % отражательной способностью при высокой фоновой освещённости (около 30000 лк) и температуре от минус 10 до 45 °С.

Значение средней квадратической погрешности m_s измерений расстояний не должно превышать:

- $(1,50+0,05 \cdot 10^3 \cdot D)$ мм - при благоприятных условиях;
- $(3,00+0,15 \cdot 10^3 \cdot D)$ мм - при неблагоприятных условиях, где D - измеряемое расстояние, мм.

Погрешность измерений расстояний следует определять от нулевой точки отсчёта: нижнего, верхнего торца корпуса дальномеров или центра резьбовой втулки при измерении со штатива.

Если требование не выполняется, дальномер признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

Результаты поверки оформляются протоколом, составленным в виде сводной таблицы результатов поверки. Протокол поверки СИ должен содержать следующие данные:

- наименование и тип СИ;
- заводской номер;
- наименование предприятия, которому данное СИ принадлежит;
- условия проведения поверки;
- средства поверки, эталоны;
- результаты поверки (данные экспериментальных исследований).

Внесение изменений или дополнений в подготовленные и подписанные протоколы не допускается.

Результатом поверки является подтверждение пригодности СИ к применению или признание СИ непригодным к применению.

При положительных результатах поверки, дальномер признается годным к применению и на него выдается свидетельство о поверке установленной формы.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке в виде наклейки и (или) оттиска поверительного клейма.

При отрицательных результатах поверки, дальномер признается непригодным к применению и на него выдается извещение о непригодности установленной формы с указанием основных причин.

Особую важность при поверке дальномеров имеет используемый эталон длины, поскольку от этого напрямую зависит точность измерений, а также максимальное расстояние, которое может быть измерено в ходе поверки. В качестве эталонов могут использоваться измерительная линейка, линейный базис, лента измерительная, фазовый светодальномер.

В приложении А представлена государственная поверочная схема для координатно-временных средств измерений. Установка высшей точности предназначена для воспроизведения и хранения и передачи единицы длины в диапазоне 24 – 3000 м и передачи размера единицы длины – метра в области измерения больших длин в соответствии с определением метра в Международной системе единиц включает в себя эталонный комплекс и эталоны сравнения.

В качестве рабочих средств измерений применяют для передачи единиц лазерным спутниковым или фазовым геодезическим дальномером методом непосредственных сравнений частот задающих генераторов дальномеров с рабочим эталоном. В качестве рабочих эталонов длины используют эталонные линейные базисы по ГОСТ 8.503, которые обеспечивают хранение и передачу единицы длины в диапазоне от 24 до 75000 м.

1.3 Методики поверки лазерных дальномеров

1.3.1 МП АПМ 34-13 Методика поверки «Дальномеры лазерные Leica DISTO D5 и Leica DISTO D8»

Методика поверки распространяется на дальномеры лазерные Leica DISTO D5 и Leica DISTO D8, выпускаемые фирмой «Leica Geosystems AG» (Швейцария). Устанавливает методику их первичной и периодической поверки. Межповерочный интервал периодической поверки 1 год.

Поверка начинается с внешнего осмотра, затем опробование. Далее осуществляется определение следующих метрологических характеристик:

- определение длины волны лазерного излучения определяется с помощью монохроматора;
- определение диаметра лазерного луча с помощью линейки измерительной;
- определение мощности лазерного излучения определяется с помощью ваттметра;
- определение погрешности измерения расстояний определяется путем многократных (не менее 10) измерений не менее 3 контрольных (эталонных линий, действительные длины которых равномерно расположены в диапазоне измерения дальномера;
- определение погрешности измерения углов наклона, определяется с помощью квадранта и вычисляется по выражению:

$$\Delta_{\text{угл}} = B_{\text{д}} - B_{\text{к}}, \quad (3)$$

где $\Delta_{\text{угл}}$ – погрешность измерения углов наклона;

$B_{\text{д}}$ – угол наклона предметного столика поворотного устройства, измеренный дальномером;

$B_{\text{к}}$ – угол наклона предметного столика поворотного устройства, измеренный квадрантом.

1.3.2 МП АПМ 12-18 Методика поверки Дальномеры лазерные GLM 120 C

Данная методика поверки распространяется на дальномеры лазерные GLM 120 C, выпускаемые «Robert Bosch Power Tools GmbH», Германия, и устанавливает методику их первичной и периодической поверки.

Интервал между поверками - 1 год.

Поверка начинается с внешнего осмотра, затем опробование. Далее осуществляется определение метрологических характеристик: абсолютной погрешности и СКП измерений расстояний. Значения характеристик определяются путем измерений не менее 3х контрольных (эталонных) линий, действительные длины которых равномерно расположены в диапазоне измерений расстояний дальномера и измерены эталонным СИ.

1.3.3 МП 2511/0013-2006 Методика поверки Дальномеры лазерные Stabila LE40/50/200

Данная методика устанавливает порядок проведения поверки дальномера лазерного Stabila LE40/50/200. Дальномер подлежит первичной поверке при ввозе на территорию РФ и после ремонта. Дальномер, находящийся в эксплуатации, подлежит внеочередной поверке при:

- повреждение знака поверительного клейма, а также в случае утраты свидетельства о поверке;
- вводе в эксплуатацию после длительного хранения (более одного межповерочного интервала);
- известном или предполагаемом ударном воздействии на дальномер, или неудовлетворительной его работе.

Поверка начинается с внешнего осмотра, затем опробование. Далее осуществляется определение метрологических характеристик, а именно средней квадратической погрешности измерения расстояния.

Определение СКП измерения расстояния в диапазоне от 0,05 до 12 м (для модели LE 40) и от 0,05 до 30 м (для моделей LE 50 и LE200) проводится методом сличения с лентой измерительной 3-го разряда длиной не менее 30 м. Измерения проводятся при значениях расстояния 0,05 м, 1 м, 5 м, 12 м, (для модели LE 40) и 0,05 м, 1 м, 5 м, 10 м, 20 м, 30 м (для моделей LE 50 и LE200). Измерения каждого отрезка проводятся не менее чем 5 приемами. В каждом приеме дальномер снимается и заново устанавливается нулевым штрихе ленты измерительной. Последовательность измерений согласно разделу «Измерения». Простое измерение расстояния» Руководства по эксплуатации. Вычислить среднюю квадратическую погрешность измерения расстояния по формуле:

$$m_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_{ij}^2}{n}} \quad (4)$$

где Δ_{ij} – разность между результатом измерений j -го отрезка j -м приемом и эталонным значением его длины;

n -число приемов

Дальномер пригоден к применению, если значение m_i для каждого отрезка не превышает 1,5 мм (для модели LE 40), 3 мм (для модели LE 50) и 2 мм (для модели LE 200).

1.3.4 МП АПМ 26-16 Методика поверки Дальномеры лазерные Leica DISTO D2

Данная методика поверки распространяется на дальномеры лазерные Leica DISTO D2, выпускаемые компанией «Leica Geosystems AG» (Швейцария), и устанавливает методику их первичной и периодической поверки. Межповерочный интервал периодической поверки- 1 год.

Поверка начинается с внешнего осмотра, затем опробование. Далее определяются метрологические характеристики, а именно абсолютная погрешность измерений расстояний (при доверительной вероятности 0,95) и

СКП измерений расстояний путем сличения с эталонным светодальномером (тахеометром) 1 разряда. Необходимо провести многократно, не менее 10 раз, измерения не менее 3 значений расстояний, действительные длины которых равномерно расположены в заявляемом диапазоне измерений расстояний, включая близкое к минимальному и максимальное значение измерений расстояний, поверяемого дальномера.

Измерения проводятся в следующей последовательности:

- на одном уровне на двух штативов устанавливается эталонный светодальномер (тахеометр) 1го разряда напротив стены белого цвета;

- при помощи центрира тахеометра ставится метка на поверхности, на которой установлен штатив;

- измеряется расстояние от поверхности, на которой установлен штатив, до начальной точки дальномера тахеометра (перекрестие на боковой панели тахеометра).

- на место штатива с тахеометром устанавливается штатив с дальномером и центрируется по оставленной ранее метке. Высота, на которой расположен дальномер, должна соответствовать ранее измеренной высоте тахеометра. Абсолютная погрешность измерений расстояний (при доверительной вероятности 0,95) определяется по формуле:

$$\Delta S = \left(\frac{\sum_{i=1}^n S_{ij}}{n} - S_{0j} \right) \pm 2 \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_{ij} - \frac{\sum_{i=1}^n S_{ij}}{n})^2}{n-1}} \quad (5)$$

где ΔS - абсолютная погрешность измерений j -го расстояния при i -ом приеме, мм;

S_{0j} – эталонное (действительное) значение j -го расстояния;

S_{ij} - измеренное значение j -го расстояния i -м приемом;

n – число приемов измерений j -ого расстояния.

СКП измерений расстояний вычисляется по формуле:

$$m_{S_i} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_{0j} - S_{ij})^2}{n}} \quad (6)$$

где m_{S_i} – СКП измерений j -ого расстояния.

Значение абсолютной погрешности измерения расстояний (при доверительной вероятности 0,95) не должно превышать:

± 3 мм – на расстоянии от 0,05 до 5 м включительно при благоприятных условиях;

$\pm 2 (1,5+0,1 \text{ мм/м})$ мм – на расстоянии свыше 5 до 100 м включительно при благоприятных условиях.

- ± 6 мм- на расстоянии от 0,05 до 5 м включительно при неблагоприятных условиях;

- $\pm 2 (3,0+0,15 \text{ мм/м})$ мм – на расстоянии от 0,05 до 5 м включительно при неблагоприятных условиях.

Значение средней квадратической погрешности m_{si} измерений расстояний не должно превышать:

- 1,5 мм -на расстоянии от 0,05 до 5 м включительно при благоприятных условиях;

- 1,5 мм+0,1 мм/м мм -на расстоянии свыше от 5 до 100 м включительно при благоприятных условиях;

-3,0 мм -на расстоянии от 0,05 до 5 м включительно при неблагоприятных условиях;

-3,0 мм+0,15 мм -на расстоянии от 5 до 60 м включительно при неблагоприятных условиях.

Если требование не выполняется, дальномер признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не производят.

1.3.5 Сравнительный анализ методик поверки лазерных дальномеров

Сравним существующие методики поверки лазерных дальномеров по следующим параметрам:

- количество поверяемых физических величин;
- погрешность измерений;

- диапазон измерений;
- используемые эталоны.

Результаты проведенного сравнительного анализа приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение методик поверки лазерных дальномеров

№	Наименование методики поверки	Погрешность измерений				Диапазон измерений	Эталон
		мощность лазерного излучения	диаметра лазерного луча	расстояний	углов наклона		
1	МП АПМ 34-13	1 мВт	6 мм	± 1 мм	± 0,3°	0,05-120 м	линейка измерительная, набор базисов
2	МП АПМ 12-18	-	-	± 2 мм	-	0,08-120 м	лента измерительная
3	МП 2511/0013-2006	-	-	± 1,5 мм; ± 2 мм ± 3 мм;	-	0,05-60 м	лента измерительная, набор базисов
4	МП АПМ 26-16	-	-	± 3 мм	-	0,05-60 м	тахеометр электронный

Из таблицы видно, что МП 1 и 2 при практически совпадающем диапазоне измерений значительно отличаются по точности: так, погрешность МП 1, основанная на использовании эталонных базисов, в два раза меньше погрешности МП 2, основанной на применении только измерительной ленты. Аналогичная ситуация наблюдается для МП 3 и МП 4. Таким образом, можно сделать вывод, что наибольшую точность обеспечивают методики поверки, использующие в качестве эталона линейные базисы. Кроме того, использование базисов позволяет реализовать поверку дальномеров в значительно большем диапазоне измерений, чем при использовании измерительных ленты и линейки. Следовательно, совершенствование

линейных базисов для использования в качестве эталонных средств при поверке лазерных дальномеров является наиболее перспективным направлением.

2 Эталонная база для поверки лазерных дальномеров

2.1 Эталоны определения длины

Создание единого эталона единиц времени-частоты-длины является значительным шагом в использовании современной физики в метрологии, в осуществлении программы перехода на естественные эталоны, основанные на фундаментальных физических константах. Преодолеть технические трудности, стоящие на пути создания единого эталона, стало возможным лишь после разработки систем, использующих фундаментальные достижения квантовой механики.

Возможность создания единого эталона, т. е. возможность воспроизведения в одном физическом процессе – распространении плоской электромагнитной волны в вакууме – двух единиц физических величин – единиц времени и длины, базируется на фундаментальной постоянной – скорости света в вакууме $c = 299792458$ м/с и соотношении $c = \lambda \cdot \nu$, связывающем пространство и время (ν – частота, λ – длина волны). Ранее использовать значение скорости света как фундаментальной физической константы было затруднительно. К 1980 г. ее значение принималось как $(299792,458 \pm 0,0012)$ км / с, т.е. не могло рассматриваться как константа.

Использование высокостабильных лазеров при измерении скорости света позволило постулировать значение скорости света точно равной 299792,458 км/с. В настоящее время для обеспечения высокой степени стабилизации важнейшего параметра лазерного излучения – частоты широко применяются гелий – неоновые лазеры на длине волны излучения $\lambda = 3,39$ мкм (инфракрасная область спектра) и $\lambda = 0,63$ мкм (видимая область спектра), стабилизированные соответственно по насыщенному поглощению в метане (He–Ne/ CH₄) и молекулярном йоде (He–Ne/I₂).

Лазеры на основе (He–Ne/CH₄) по воспроизводимости частоты приближаются к цезиевому стандарту частоты, являющемуся основой эталона единиц времени и частоты. Работающий в видимом диапазоне спектра He–Ne/I₂ лазер позволяет реализовать новое определение метра через скорость распространения света в вакууме. Наличие излучения на двух длинах волн ($\lambda = 0,63$ мкм и $\lambda = 3,39$ мкм) дает возможность с помощью интерферометра обеспечить высокую точность измерений.

На рисунке 4 приведена структурная схема единого эталона. В состав его входят: государственный первичный эталон единиц времени и частоты, включающий государственный эталон единиц времени и частоты (радиодиапазона), радиооптический частотный мост, лазеры ($\lambda = 3,39$ мкм), а также государственный первичный эталон единицы длины (метра), включающий лазеры ($\lambda = 0,633$ мкм), интерферометры 1 и 2 и установку для измерения отношения длин волн.

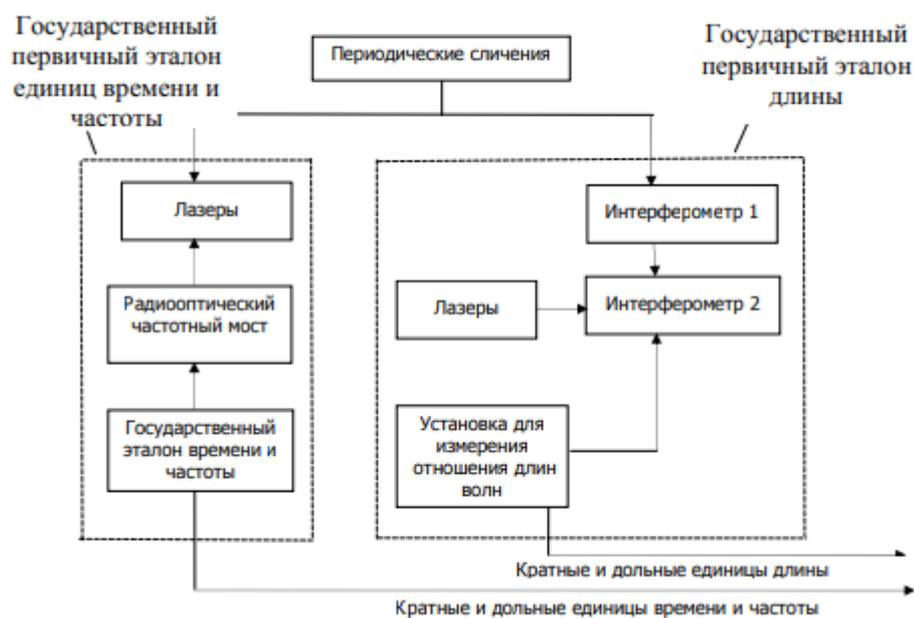


Рисунок 3 – Структурная схема единого эталона

Этот эталон имеет погрешность воспроизведения в виде среднего квадратического отклонения результата измерений $1 \cdot 10^{-11}$. Единый эталон метра – секунды – герца введён в действие как государственный в 1992 году. Эталон единиц времени, частоты и

длины состоит из двух частей : эталон времени и частоты, а также РОЧМ, составляющие его первую часть, находятся в ГП «ВНИИФТРИ», вторая же часть, составляющая интерферометр для сравнения длин волн, He–Ne/CH₄ и He–Ne/I₂ лазеры и интерференционный компаратор, находится во ВНИИМ им. Д.И. Менделеева. С целью объединения обеих частей эталона в единый был разработан и введён в состав эталона транспортируемый He–Ne/CH₄ лазер, длина волны которого устанавливается по выходному He–Ne/CH₄ лазеру РОЧМ и служит для измерения длины волны He–Ne/I₂ лазеров, находящихся во ВНИИМ им. Д.И. Менделеева.

2.1.1 Мерные ленты и рулетки

Для выполнения линейных измерений, так же как и для угловых, нормативными документами для различного вида съёмок или работ предусматриваются определенные требования. Этими требованиями всегда являются измеряемая точность приборов и относительные погрешности измерений. В зависимости от них и выбираются инструменты по измерению длин линий.

Мерные ленты и рулетки применяются при непосредственном измерении расстояний. Рулетки бывают разной длины (3, 5, 10, 30, 50 метров) и изготовлены из разных материалов:

- тесьмяные;
- углеродистой стали;
- нержавеющей стали;
- фибerglassовые;
- стальные с нейлоновым покрытием.

Тесьмяные рулетки используют для мало точных измерений для замеров объемов выполненных работ рулеточными замерами подземных

коммуникаций, проведения открытых и подземных горных выработок, их сечений. Такая рулетка состоит из измерительной тканевой ленты с пропиткой и вплетенными в нее металлическими нитями. Она изготавливается в пластмассовом корпусе с намотанной на ось лентой.

Рулетки металлические, с нержавеющей стали или стальными каркасами с полимерным покрытием применяют при непосредственных измерениях расстояний. Они при профессиональном использовании должны быть прокомпарированны, то есть сравнимы с официальным эталоном определенной длины компаратором. После прохождения этой поверки по каждой рулетке составляется паспорт, в котором указываются истинные значения отрезков и длины рулетки, а так же поправок, подлежащих обязательному введению в результаты измерений длин. Согласно, государственных стандартов отклонение при взятии отсчетов в стальных рулетках должно быть не более 2 мм и точность в измерениях ими имеет относительную погрешность в пределах от одной двухтысячной ($1/2000$) до одной десяти тысячной ($1/10000$) от соответствующих значений длины. В комплекте с рулетками при измерительном процессе используют специальные приборы - пружинные динамометры. Они позволяют каждый раз производить снятие отсчетов по шкале рулетки при одинаковом ее натяжении, равном усилию порядка десяти килограмм.

Мерные ленты в настоящее время на практике используются, наверное, очень редко. Они бывают со шкалами на концах ленты и без них, и имеют маркировку ЛШЗ (лента шкаловая землемерная), и ЛЗ (лента земельная). В их комплект входят:

- лента, намотанная на стальное кольцо и с ручками по краям, длина лент бывает различная, 20, 24 и 50 метров;

- наборы по шесть или одиннадцать штук шпилек, представляющие собой металлические стержни (длиной 300-400 мм,

диаметром 5-6 мм) с загнутым с одной стороны кольцом диаметром 70-80 мм.

2.1.2 Базисный прибор и длиномеры

Для некоторых высокоточных линейных измерений применяли приборы, состоящие не из металлической полосы или ленты, а из проволоки специального металлического сплава. К таким приборам, безусловно, относится так называемый базисный прибор. Ранее, в геодезическом и маркшейдерском производстве использовались также автоматические проволочные длиномеры. Каждый из них использовался для конкретных видов работ.

Базисный прибор применяется для определения длин «жестких» сторон триангуляции, полигонометрии всех классов (от первого до четвертого) и в сетях сгущения, так называемых базисов. В его комплект входят:

- двадцати четырех метровые отрезки инварной проволоки, в количестве от трех до восьми штук, в зависимости от марки прибора (БП-1, БП-2, БП-3);
- два блока с грузами, в виде десяти килограммовых гирь, через которые подвешивается и натягивается мерная проволока;
- штативы с целью фиксации инварной проволоки в измеряемом створе;
- трегеры с оптическими центрирами, теодолиты, нивелиры, термометры и другое вспомогательное оборудование.

В маркшейдерской практике для измерения глубины вертикальных шахтных стволов применялись автоматические длиномеры ДА-2, состоящие:

- из единого корпуса, со встроенной лебедкой, через которую опускается в шахтный ствол мерная проволока;
- и мерного диска со счетчиком оборотов и шкалой на реборде.

В поверхностной полигонометрии использовались автоматические длиномеры марки АД-1м. В их состав входили: проволока, проходящая через длиномер с мерным диском, со считываемым устройством, направляющими роликами и тормозным механизмом.

2.1.3 Оптический дальномер

Оптические дальномеры – обобщенное название группы дальномеров с визуальной наводкой на объект (цель), действие которых основано на использовании законов геометрической (лучевой) оптики.

Распространены оптические дальномеры: с постоянным углом и выносной базой (например, нитяной дальномер, которым снабжают многие геодезические инструменты – теодолиты, нивелиры и т. д.); с постоянной внутренней базой – монокулярные (например, фотографический дальномер) и бинокулярные (стереоскопические дальномеры).

Оптический дальномер (светодальномер) – прибор для измерения расстояний по времени прохождения оптическим излучением (светом) измеряемого расстояния.

Оптический дальномер содержит источник оптического излучения, устройство управления его параметрами, передающую и приёмную системы, фотоприёмное устройство и устройство измерения временных интервалов. Оптический дальномер делятся на импульсные и фазовые в зависимости от методов определения времени прохождения излучением расстояния от объекта и обратно.

2.1.4 Электронные тахеометры, свето-дальномеры и лазерные дальномеры

В основе измерения расстояний профессиональными лазерными рулетками, свето-дальномерами, которые применяются и в современных конструкциях электронных тахеометров, заложены три принципа:

- импульсный;
- фазовый;
- комбинированный (импульсно-фазовый).

Импульсный метод состоит в определении измеряемой длины через нахождение времени прохождения сигналов инфракрасного лазерного излучения от источника импульса до объекта и обратно. В фазовом методе длины сторон измеряются через определение разности фаз переданного и получаемого сигналов. Оба этих принципа дают достаточно высокую точность на разных расстояниях от приборов.

В современных тахеометрах используется также комбинированный метод, заключающийся в фазовом способе определения временного промежутка при импульсном излучении сигнала. Нахождения расстояний с их помощью может осуществляться в трех режимах:

- безотражательном;
- на светоотражательную пленку;
- на стандартные призмы.

Для безотражательного способа нахождения длин (горизонтальных проложений) и с применением светоотражательных пленок для расстояний от 0,3 м до 500 м электронные тахеометры дают паспортную точность $\pm 2-3$ мм. При наведении на отражательные конструкции призм на расстояния до пяти километров точность

определения увеличивается дополнительно до 2ppm на каждый дополнительный километр измерений.

2.1.5 Радиодальномеры

Радиодальномеры, которые применяются в геодезии, имеют практически одну принципиальную схему. Отличаются они между собой только конструкцией исполнения. В них используется принцип приема передачи ультракоротких волн на разных частотах от геодезического прибора на одной несущей частоте до приемопередатчика и в обратном направлении на другой измерительной частоте. Расстояние между прибором и приемочной станцией определяется по разностям фаз, измеряемых на нескольких различных фиксированных частотах. Достоинствами такого способа измерений считаются значительная дальность применения и возможность работы при любой погоде независимо от видимости. К недостаткам можно отнести громоздкость и тяжесть измеряемого оборудования и сравнительно большая и постоянная составляющая погрешности измерений (20-30 мм).

2.1.6 Требования к эталонам длины

Линейные измерения на территории Российской Федерации выполняют в системе СИ, в которой в соответствии с ГОСТ 8.417[5] единицей длины является метр. Единство измерений в области геодезии и картографии обеспечиваются связью рабочих средств измерений (РСИ) с Государственным первичным эталоном единиц времени частоты и длины по МИ 2060[6] и ГОСТ 8.503[7] через линейные эталонные базисы и компараторы.

В полевых условиях единица длины воспроизводится с помощью исходного средства хранения длины (ИСХД), которое представляет собой эталонный базис 1-го разряда с набором двух комплектов базисных приборов БП-1, включающих инварные проволоки, или группой фазовых дальномеров (от 1-го до 3-х) с дальностью до 2 км с общей средней квадратической погрешностью (СКП) $[(0,1 \div 0,3) + 0,5 \cdot 10^{-6} D]$ мм при доверительной вероятности 0,67 и аппаратурой учёта параметров атмосферы по ГОСТ 8.503[7].

В качестве эталонных средств измерений для поверки проволок и определения постоянных поправок светодальномеров применяют геодезические жезлы 1 разряда длиной до 4 м с 30-метровым компаратором по МИ 2060 или лазерный интерферометр, стабилизированный по длине волны.

Передача единицы длины от ИСХД рабочим средствам измерения длины осуществляется светодальномерами и через эталонные линейные базисы (ЭЛБ) 2-го и 3-го разрядов.

ЭЛБ представляют собой геодезические построения, содержащие интервалы различной длины, известные с заданной точностью и закреплённые на местности. Любой интервал базиса является эталонным только в том случае, если на данный конкретный момент времени его длина определена с точностью, соответствующей разряду эталонного средства измерения.

ЭЛБ используется для:

- поверки дальномеров, спутниковой геодезической аппаратуры (СГА);
- проведения испытаний дальномеров, СГА, их сертификации;
- разработки технологий применения дальномеров и СГА и совершенствования методов измерений линий;
- обучения специалистов приемам и навыкам рационального ведения работ.

2.2 Базис линейный эталонный

Эталонным линейным базисом называется геодезическое построение, содержащее в себе интервалы различной длины, которые известны с заданной точностью, и закреплены на местности. Интервал базиса является эталонным только тогда, когда на данный конкретный момент времени его длина определена с такой точностью, которая соответствует разряду эталонного средства измерения. Внешний вид эталонного базиса представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Базис линейный эталонный

Эталонные базисы делятся на следующие виды:

1) Эталонный базис первого разряда, общая длина которого должна быть не менее одного километра. Он должен иметь не менее четырех секций, каждая из которых должна быть кратной двадцати четырем метрам. Общий уклон трассы не должен превышать одной сотой. Все пункты базиса должны быть в створе, допуск на нестворность составляет пять сантиметров при расстоянии до пятиста метров и десять сантиметров при больших расстояниях;

2) Эталонный базис второго разряда, общая длина которого должна быть не менее полутора километров. Общий уклон трассы не должен превышать одной двадцатой. Все пункты базиса должны быть

в створе, допуск на нестворность составляет пять сантиметров при расстоянии до пятиста метров и десять сантиметров при больших расстояниях;

3) Эталонный базис третьего разряда, общая длина которого должна быть не менее одного километра. Общий уклон трассы не должен превышать одной десятой. Все пункты базиса должны быть в створе, допуск на нестворность составляет десять сантиметров при расстоянии до одного километра и двадцать сантиметров при больших расстояниях.

В качестве эталонных средств, при метрологической аттестации базисов, должны применяться технические средства линейных измерений, прошедшие в установленном порядке поверку и имеющие свидетельство, установленного образца.

2.2.1 Назначение и характеристики эталонного линейного базиса

Базис линейный эталонный предназначен для:

- проведения испытаний дальномеров, спутниковая геодезическая аппаратура (СГА), их сертификации;
- разработки технологий применения дальномеров и СГА и совершенствования методов измерений линий;
- обучения специалистов приемам и навыкам рационального ведения работ.

Эталонные линейные базисы классифицируются по точности значений длин интервалов, закреплённых на местности, общей длине и назначению. В соответствии с локальной поверочной схемой по РД 68-8.17 линейные базисы рассматриваются как эталоны хранения длины, разряд которых приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Классификация базисов по точности значений длин интервалов

Наименование и разряд базиса	СКП значения интервалов, мм
1. Эталонный базис 1-го разряда	$(0,1 \div 0,3) + 0,5 \times 10^{-6} \cdot D$
2. Эталонный базис 2-го разряда	$0,4 + 0,7 \times 10^{-6} \cdot D$
3. Эталонный базис 3-го разряда	$(0,5 \div 1) + 2 \times 10^{-6} \cdot D$

2.2.3 Технические средства определения длин эталонных линейных базисов

В качестве эталонных средств при метрологической аттестации базисов должны применяться технические средства линейных измерений, прошедшие в установленном порядке поверку и имеющие свидетельство, установленного образца.

Средства измерений, рекомендуемые для поверки эталонных линейных базисов, приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Рекомендуемые средства измерения для поверки эталонных линейных базисов

Наименование, тип прибора	Изготовитель	Диапазон измерений	Средняя квадратическая погрешность измерений, мм
ИПЛ-30 КИ измеритель перемещений лазерный	Россия, Новосибирский приборостроительный завод им В.И. Ленина	0 ÷ 30 м	$0,1 \times 10^{-6} \times D$
ИПЛ-МП измеритель перемещений лазерный	Россия, Новосибирский приборостроительный завод им В.И. Ленина	0 ÷ 60 м	$0,1 \times 10^{-6} \times D$
Светодальномер МЕКОМЕТР ME5000	Швейцария («Керн»)	1 м ÷ 8,0 км	$0,2 + 0,2 \times 10^{-6} \times D$
Светодальномер СП2	Россия, УОМЗ	0,5 ÷ 2,0	$1 + 1 \times 10^{-6} \times D$

Наименование, тип прибора	Изготовитель	Диапазон измерений	Средняя квадратическая погрешность измерений, мм
«ТОПАЗ»		км	
Базисный прибор БП-1	Россия, ЭОМЗ	0 ÷ 12 км	$1,0 \times 10^{-6} \times D$
Электронный тахеометр Elta S10	Карл Цейс Иена	2 м ÷ 3,5 км	$1 + 2,0 \times 10^{-6} \times D$

1) Измерение эталонных базисов инварными проволоками.

Измерения эталонных базисов 1-го разряда производится двумя комплектами инварных проволок прибором БП-1. Измерения базиса 2-го разряда производится одним комплектом инварных проволок прибором БП-1.

2) Измерение эталонных базисов светодальномерами.

Измерения эталонных базисов 1-го разряда производится тремя светодальномерами СП-2 «Топаз» или тремя электронными тахеометрами типа Elta S10, либо одним светодальномером типа Мекометр МЕ 5000. Измерения базисов 2-го разряда производятся двумя светодальномерами СП2, либо двумя тахеометрами Elta S10, либо одним светодальномером - Мекометр МЕ 5000.

Измерения эталонных базисов 3-го разряда производятся одним светодальномером СП2 «Топаз», либо одним светодальномером Мекометр МЕ 5000, либо одним электронным тахеометром Elta S10.

Измерения производятся в соответствии с методикой МИ БГЕИ 30-94[8].

Допускаются к применению светодальномеры и электронные тахеометры с точностью измерений, соответствующей таблице 3.

Для использования базиса эталонного линейного в качестве эталона необходимо:

- определить характеристики базиса;

- осуществить испытания в целях утверждение типа;
- провести утверждение типа;
- провести поверку базиса в качестве рабочего эталона

3. Подготовка линейного базиса для использования в качестве эталона

3.1 Утверждение типа эталонного линейного базиса

Утверждение типа средств измерений является видом государственного метрологического контроля и проводится в целях обеспечения единства измерений в стране и постановки на производство и выпуск в обращение средств измерений, соответствующих требованиям конструкторской документации.

Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерений включает:

- а) испытания средств измерений для целей утверждения их типа;
- б) принятие решения об утверждении типа, его государственную регистрацию и выдачу сертификата об утверждении типа;
- в) испытания средств измерений на соответствие утвержденному типу при контроле соответствия средств измерений утвержденному типу;
- г) признание утверждения типа или результатов испытаний типа средств измерений, проведенных компетентными организациями зарубежных стран;
- д) информационное обслуживание потребителей измерительной техники.

При испытаниях средств измерений для утверждения типа проверяют соответствие технической документации и технических характеристик средств измерений требованиям технического задания, проекта технических условий и распространяющихся на них

нормативных и эксплуатационных документов, а также обеспеченности средств измерений методами и средствами поверки.

При положительных результатах испытаний Госстандарт Российской Федерации принимает решение об утверждении типа средств измерений и выдает сертификат об утверждении типа средств измерений. Срок действия сертификата устанавливает Госстандарт России при его выдаче.

Средства измерений, на которые выданы сертификаты об утверждении типа средств измерений, регистрируются в Государственном реестре в разделе «Средства измерений утвержденных типов». Заявитель наносит на средства измерений, тип которых утвержден, и на эксплуатационную документацию, сопровождающую каждый экземпляр средств измерений Знак утверждения типа средств измерений. Если из-за особенностей конструкции нецелесообразно наносить Знак утверждения типа на средство измерений, допускается его нанесение только на эксплуатационные документы.

Заявки на проведение испытаний средств измерений для утверждения типа направляются в Управление Госстандарта Российской Федерации. Последнее принимает решение по заявке и направляет поручение государственным центрам испытаний средств измерений (ГЦИ СИ) на проведение испытаний средств измерений для утверждения типа.

В соответствии с международными соглашениями, заключенными Россией с другими странами, Госстандартом России может быть принято решение о признании результатов испытаний или утверждения типа, что является основанием для внесения типа импортируемых средств измерений в Государственный реестр и их применения в Российской Федерации.

Возмещение расходов, связанных с проведением испытаний средств измерений для целей утверждения их типа, рассмотрением их

материалов и оказанием других услуг, производится в соответствии с условиями договора, заключаемого между заявителем, представляющим средства измерений на испытания, и исполнителями этих работ.

3.1.1 Паспорт на линейный эталонный базис

В паспорт на линейный эталонный базис входит:

- назначение изделия;
- комплектность;
- технические характеристики;
- условия эксплуатации;
- подготовка к работе;
- техническое обслуживание;
- гарантийные обязательства;
- сведения о консервации;
- свидетельство о приемке;
- заводской номер;
- дата выпуска.

Разработанный в ходе работы паспорт на линейный эталонный базис представлен в Приложении Б.

3.1.2 Описание типа средства измерения

В описании типа средства измерения входит:

- назначение средства измерения;
- описание;
- основные технические характеристики;
- знак утверждения типа;
- поверка;

- нормативные и технические документы;
- заключение

Разработанный в ходе работы проект описания типа на линейный эталонный базис представлен в Приложении В.

3.1.3 Программа испытаний

Проверка программы испытаний включает в себя:

- анализ соответствия объема испытаний для подтверждения заявленных метрологических и технических характеристик;
- обеспеченность испытаний методами (методиками) испытаний;
- обеспеченность испытаний эталонами и их прослеживаемость;
- обоснованность установления интервала между поверками;
- наличие и содержание отдельного раздела, устанавливающего методику проверки идентификационных данных, оценки уровня защиты программного обеспечения средства измерений, а также при необходимости экспериментальных исследований влияния программного обеспечения на метрологические характеристики средства измерений;
- наличие проверки соответствия обязательным метрологическим и техническим требованиям (при их наличии);
- наличие отдельного раздела по проверке на ЭМС (при необходимости).

3.1.4. Акт и протокол испытаний

Проверка протоколов испытаний включает в себя контроль:

- соответствия протоколов разделам и этапам испытаний, предусмотренных программой;
- соответствия «Протокола испытаний в целях утверждения типа.
- Проверка защиты программного обеспечения» положениям Р 50.2.077-2014[9], Приложение А;
- выполнения работ по обеспечению защиты программного обеспечения специалистом (экспертом), прошедшим обучение по методам проверки обеспечения защиты программного обеспечения средств измерений;
- наличия в протоколе опробования методики поверки информации о том, что конструкция испытываемого средства измерений не препятствует или препятствует нанесению на него знака поверки, а также информации о том, что условия эксплуатации средства измерений обеспечивают или не обеспечивают сохранность знака поверки в течение всего рекомендуемого интервала между поверками;
- наличия в протоколе «Анализ конструкции СИ» информации о количестве и расположении пломб.
- проверка акта испытаний включает в себя контроль соответствия полноты представления сведений об испытаниях, приведенных в акте, объему выполненной при испытаниях работе.

При наличии замечаний к материалам испытаний их повторная проверка проводится в течение 5-ти рабочих дней после представления исправленных материалов испытаний в Единый центр.

По результатам проверки Единый центр готовит заключение по проверке результатов испытаний и возвращает комплект документов Испытателю.

В случае, если условиями заключенного договора (контракта) предусмотрено сопровождение материалов испытаний до принятия решения об утверждении типа, Единый центр направляет комплект документов в Управление метрологии Госстандарта.

3.2 Поверка линейного эталонного базиса

Для проведения поверки базиса необходимо в первую очередь разработать методику поверки (МП).

Методика поверки линейного эталонного базиса устанавливает методы и средства поверки на эталонные базисы 1-го, 2-го, 3-го разрядов. По результатам испытаний в МП также устанавливается межповерочный интервал.

В МП включают следующие разделы:

1) Внешний осмотр.

При внешнем осмотре проверяется отсутствие внешних механических повреждений и неисправностей, влияющих на работоспособность базиса.

2) Опробование.

Опробование заключается в проверке работоспособности аппаратуры в соответствии с ЭД. Включают аппаратуру от соответствующего источника питания из комплекта СГА и убеждаются, что "захват" сигналов спутников произошел. Штатные источники питания должны быть полностью заряжены.

3) Определение абсолютной погрешности хранения длины базисной линии.

В МП должен быть указан ряд действий, выполняемый для определения абсолютной погрешности. Эти действия включают в себя установку и подготовку оборудования, выполнение измерений и расчет погрешности измерений.

В качестве эталона будет использоваться фазовый светодальномер 1 разряда, в соответствии с Государственной поверочной схемой координатно-временных средств измерений ГОСТ Р 8.750-2011[11].

Фазовый светодальномер устанавливается на первый ФПГ (фундаментальный геодезический пункт) базиса эталон 1-го разряда.

В соответствии с руководством по эксплуатации, проводится горизонтирование и выполняется операции подготовки к работе фазового светодальномера.

Проконтролировать, чтобы значение измеренной длины базисной линии, между измерительными приемами, не отличались на величину более 1 мм.

Расчет погрешности осуществляется в следующем порядке.

Сначала определяется среднее значение измеренной длины базисной линии (L):

$$L_{\text{изм}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N L_i, \quad (7)$$

где L_i - значение длины базисной линии, измеренное фазовым светодальномером в i -ом измерительном приеме;

N – количество приемов измерений длины базисной линии.

Определяется отклонение среднего значения длины базисной линии от измеренного значения длины базисной линии:

$$\Delta L = L_{\text{изм}} - L_{\text{д}}, \quad (8)$$

где $L_{\text{д}}$ – действительное значение длины базисной линии, выписанное из формуляра на комплекс.

Определяется среднее квадратическое отклонение результата измерения значения базисной линии по формуле:

$$\sigma_{L_i} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (L_{\text{изм}} - L_i)^2}, \quad (9)$$

Определяется значение абсолютной погрешности (по уровню вероятности 0,95) измерения длины базисной линии:

$$P_L = \bar{\Delta}_L \pm 2\sigma_L. \quad (10)$$

В результате поверки при положительных результатах выдается свидетельство о поверке. Если в результате поверки получились отрицательные результаты, то выдается извещение о непригодности.

Разработанная в ходе работы методика поверки линейного эталонного базиса представлена в Приложении Г.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель дипломной работы: является совершенствование эталонной базы для поверки дальномеров.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта совершенствование эталонной базы для поверки дальномеров.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1) Определить потенциальных потребителей результатов исследования.

2) Выполнить SWOT-анализ: описать сильные и слабые стороны проекта, выявить возможности и угрозы для реализации проекта.

- 3) Оценить степень готовности научной разработки к коммерциализации.
- 4) Построить календарный план-график проведения работ научно-исследовательского проекта.
- 5) Рассчитать бюджет научного исследования.
- 6) Определить ресурсную, финансовую, бюджетную, социальную и экономическую эффективности исследования.

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В данной ВКР разрабатывалась методика поверки на базис эталонный линейный для поверки дальномеров лазерных. В ФБУ Томский ЦСМ необходимо разработать методику поверки. Разработанная методика поверки применима к дальномерам лазерным. В ФБУ Томский ЦСМ есть такая проблема, что не могут поверять дальномеры лазерные, так как изменилась поверочная схема координатно-временных СИ. Изменилась точность, с которой поверялись дальномеры лазерные. Проводилось совершенствование эталонной базы для поверки дальномеров. Разработалась необходимая документация для утверждения типа линейного эталонного базиса.

Потенциальным потребителем полученной разработки являются метрологи компании ФБУ Томский ЦМС. Так как методика поверки написана на конкретное средство измерения компании. Сегментирование рынка мы провести не можем. Анализ конкурентов аналогично сегментированию рынка проводить бессмысленно, т.к. конкурентов нет.

4.2 SWOT-анализ

SWOT-анализ представляет собой сводную таблицу, иллюстрирующую связь между внутренними и внешними факторами

компании. Целью данного анализа является описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

В таблице 1 приведена матрица SWOT-анализа для небаланса роторного оборудования.

Таблица 5 – SWOT–анализ

	Сильные стороны:	Слабые стороны:
	<p>С1. Автоматизация процесса поверки</p> <p>С2. Экономия времени</p> <p>С3. Точность результатов измерений</p>	<p>Сл1. Высокая степень износа оборудования</p> <p>Сл2. Устаревшее оборудование</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Увеличение спроса на поверки дальномеров лазерных</p> <p>В2 Приобретение нового оборудования</p>	<p>1. Провести совершенствование эталонной базы</p> <p>2. Разработать необходимую документацию для утверждения типа базисов эталонных</p>	<p>1. Расширение области аккредитации</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Снизится спрос на поверку дальномеров лазерных</p> <p>У2. Экономический</p>	<p>1. Возможность оптимизации методов контроля поверки дальномеров лазерных</p> <p>2. Привлечение</p>	<p>1. Повышения спроса через рекламу на сайте</p> <p>2. Финансирование технологий</p>

кризис	дополнительного финансирования со стороны государства на увеличение мощности метрологического оборудования.	отработанных на протяжении нескольких лет.
--------	---	--

Таким образом, можно сделать вывод о том, что наиболее эффективными в сложившейся ситуации являются следующие стратегии:

1. Необходимо отрабатывать проектируемую технологию - приобретение нового оборудования
2. Необходимо обеспечить запас комплектующих для своевременной замены при поломке оборудования.

4.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Далее была проведена оценка степени готовности научной разработки к коммерциализации и выяснение уровня собственных знаний для ее проведения. Для этого была заполнена специальная форма, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенций разработчика научного проекта. Форма представлена в таблице 6

Таблица 6 – 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	4	3

2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	3
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	5
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	5	5
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	5
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	1	1
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	1	1
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	5
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	2	5
11.	Проработаны вопросы	1	5

	международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок		
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	4
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	4	4
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	5
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	2	5
	ИТОГО БАЛЛОВ	42	57

При проведении анализа по таблице, приведенной выше, по каждому показателю ставится 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.

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется 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. Так, если значение $B_{\text{сум}}$ получилось от 75 до 60, то такая разработка считается перспективной, а знания разработчика достаточными для успешной ее коммерциализации. Если от 59 до 45 – то перспективность выше среднего. Если от 44 до 30 – то перспективность средняя. Если от 29 до 15 – то перспективность ниже среднего. Если 14 и ниже – то перспективность крайне низкая.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что перспективность коммерциализации данного НТИ находится на среднем уровне. Этот уровень можно повысить путем более детального исследования коммерческой составляющей проекта, которая включает в себя анализ рынков сбыта, разработку бизнес-плана и т.д.

4.4 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Время продвижения товара на рынок во многом зависит от правильности выбора метода коммерциализации. Выделяют следующие методы коммерциализации научных разработок:

— Торговля патентными лицензиями, т.е. передача третьим лицам права использования объектов интеллектуальной собственности на лицензионной основе.

— Передача ноу-хау, т.е. предоставление владельцем ноу-хау возможности его использовать другим лицом, осуществляемое путем раскрытия ноу-хау.

— Инжиниринг предполагает предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг.

— Франчайзинг, т.е. передача или переуступка разрешения продавать чьи-либо товары или оказывать услуги в некоторых областях.

— Организация собственного предприятия.

— Передача интеллектуальной собственности в уставной капитал предприятия.

— Организация совместного предприятия, т.е. объединение двух и более лиц для организации предприятия.

— Организация совместных предприятий, работающих по схеме «российское производство – зарубежное распространение».

Таким образом, для данного научно-технического исследования наиболее предпочтительным является такой метод коммерциализации как торговля патентными лицензиями. Так как лицензиар не вкладывает собственных средств в производство, следовательно, не несет расходов по сбыту и т.д.

4.5 Инициация проекта

Устав научного проекта магистерской работы должен иметь следующую структуру:

1) Цели и результат проекта.

Приведем информацию о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Под заинтересованными сторонами проекта понимаются лица или организации, которые активно участвуют в проекте или интересы которых могут быть затронуты как положительно, так и отрицательно в ходе исполнения или в результате завершения проекта. Информация по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 7

Таблица 7 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Потребители	Увеличение обращений в центр по поверке
Томский ЦСМ	Альтернативной способ устранения небаланса поверки дальномеров лазерных

В таблице 8 представлена информация об иерархии целей проекта и критерия достижения целей.

Таблица 8 – Цели и результаты проекта

Цели проекта:	Создание альтернативного метода устранения небаланса поверки дальномеров лазерных
Ожидаемые результаты проекта:	Увеличение спроса на услугу поверка дальномеров лазерных
Критерии приемки результата проекта:	Расширение области аккредитации
Требования к результату проекта:	Требование:
	Высокая точность измерения
	Автоматизация процессов поверки

2) Организационная структура проекта.

Далее определены участники рабочей группы данного проекта, роль каждого участника в данном проекте, а также функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Эта информация представлена в таблице 9

Таблица 9– Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Верецун Ю.И., ТПУ, магистр	Совершенствов ание эталонной базы для поверки дальномеров лазерных	Основной разработчик проекта	584
2	Худоногова Л.И., ТПУ, доцент к.т.н.	Консультации по основным вопросам темы	Руководитель проекта	432
ИТОГО:				1016

4.6 Планирование управления научно-исследовательского проекта

Для выполнения работы формируется рабочая группа, в состав которой входит научный руководитель проекта (НР) и инженер (И). После чего, в рамках проведения научного исследования выполняется ряд основных этапов, представленных в таблице 10

Таблица 10 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка	1	Составление и	И, НР

технического задания		утверждение задания	
	2	Календарное планирование работ по теме	И, НР
	3	Изучение материалов по поверке дальномеров лазерных	И
Выбор направления исследований	4	Анализ литературных источников по поверке дальномеров лазерных	И
	5	Выбор методов поверки лазерных дальномеров	И, НР
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Разработать сопроводительную документацию для утверждения типа линейных базисов	И, НР
	7	Анализ полученных результатов	И, НР
Обобщение и оценка результатов	8	Составление отчета по работе	И

В рамках планирования научного проекта был построен календарный график проекта. Линейный график представлен в таблице 11

Таблица 11 – Календарный план проекта

Код работ	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Составление и утверждение задания магистерской диссертации	1	25.02.2022	26.02.2022	Верецун Ю.И. Худоногова Л.И.
2	Календарное планирование работ по теме	3	1.03.2022	03.03.2022	Верецун Ю.И. Худоногова Л.И.
3	Изучение	9	4.03.2022	12.03.2022	Верецун

	материалов по поверке дальномеров				Ю.И.
4	Анализ литературных источников по совершенствованию эталонной базы	10	15.03.2022	24.03.2022	Верецун Ю.И.
5	Выбор методов для поверки дальномеров лазерных	5	25.03.2022	29.03.2022	Верецун Ю.И. Худоногова Л.И.
6	Разработать сопроводительную документацию для утверждения типа линейных базисов	25	30.03.2022	23.04.2022	Верецун Ю.И. Худоногова Л.И.
7	Анализ полученных результатов	30	26.04.2022	25.05.2022	Верецун Ю.И. Худоногова Л.И.
8	Составление отчета по работе	6	26.05.2022	31.05.2022	Верецун Ю.И.
ИТОГО:		89			

Диаграмма Гантта – тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в виде таблицы 8 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения научного проекта. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 12 – Календарный план-график проведения работ

Код работы	Вид работ	Исполнители	T_{ki}	Продолжительность выполнения работ											
				февраль			март			апрель			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение задания магистерской диссертации	Научный руководитель, инженер	1												
2	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, инженер	3												
3	Изучение материалов по поверке дальномеров лазерных	Инженер	9												
4	Анализ литературных источников по поверке дальномеров	Инженер	10												
5	Выбор методов для поверки дальномеров лазерных	Научный руководитель, инженер	5												
6	Разработать сопроводительную	Научный руководитель,	25												

	документацию для утверждения типа линейных базисов	инженер																
7	Анализ полученных результатов	Научный руководитель, инженер	30															
8	Составление отчета по работе	Инженер	6															

■ инженер, ■ научный руководитель.

Таким образом, был построен план управления научным проектом, определены виды работ, установлены даты начала и окончания работ и состав участников.

4.7 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).

Отразим стоимости всех материалов, используемых при разработке проекта, включая расходы на их приобретение и, при необходимости, на доставку. Эти данные представлены в таблице 13

Таблица 13 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Единица измерения	Кол-во	Цена за ед.,	Затраты на материалы, руб.
--------------	-------------------	--------	--------------	----------------------------

			руб.	
Бумага, формат А4	Пачка	1	295	295
Картридж для принтера	Шт	1	2650	2650
Программное обеспечение Windows	Шт	1	13000	13000
Программное обеспечение Вибробит	Шт	1	15000	15000
Итого:				30945

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

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: 10,4;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}}) \cdot k_p,$$

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

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (г. Томск).

Таблица 14– Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней – выходные дни – праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени: – отпуск – невыходы по болезни	48	48
Действительный годовой фонд рабочего времени	247	247

Приведем расчет заработной платы для научного руководителя:

$$Z_{\text{м}} = 38050 \cdot (1 + 0,3) \cdot 1,3 = 64304,5 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{56277 \cdot 10,4}{247} = 2707,6 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн}} = 2331,8 \cdot 54 = 146208,1 \text{ руб.}$$

Приведем расчет заработной платы для инженера:

$$Z_{\text{м}} = 14874,45 \cdot (1 + 0,3) \cdot 1,3 = 25137,8 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{25137,82 \cdot 10,4}{247} = 1058,4 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн}} = 1058,43 \cdot 73 = 77265,7 \text{ руб.}$$

Расчет основной заработной платы приведем в таблице 11

Таблица 15 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р. раб. дн.}}$	$Z_{\text{осн.}}$, руб.
Научный руководитель	38050	0,3	1,3	64304,5	2707,6	54	146208,1
Инженер	14874,45	0,3	1,3	25137,8	1058,43	73	77265,7
Итого:							223473,8

Отразим обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда

(ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z_{\text{осн}},$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

В соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ[12] установлен размер страховых взносов равный 30,2%.

Расчет отчислений во внебюджетные фонды приведем в таблице 16

Таблица 16 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.
Научный руководитель	146208,1
Инженер	77265,7
Коэффициент отчислений	0,302
Итого:	67489,1

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции. Расчет бюджета научно-исследовательской работы приведен в таблице 17

Таблица 17 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты	30945
Основная заработная плата	223473,8
Отчисления во внебюджетные фонды	67489,1

Бюджет затрат:	321907,9
----------------	----------

Таким образом, проведено планирование бюджета научного исследования, рассчитаны материальные затраты, основная заработная плата руководителя и инженера, отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления). Бюджет затрат составил 321907,9 рублей.

4.8 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

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

Интегральный финансовый показатель разработки:

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Интегральный показатель ресурсоэффективности:

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

где a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 18

Таблица 18 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

ПО Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог
1. Способствует росту	0,1	4	4

производительности труда пользователя			
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	4	2
3. Помехоустойчивость	0,2	3	3
4. Энергосбережение	0,25	5	4
5. Надежность	0,25	4	4
6. Материалоемкость	0,1	5	4
Итого:	1	25	21

$$I_{\text{ТП}} = 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,1 = 4,15$$

$$I_{\text{аналог}} = 4 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,1 = 3,6$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки $I_{\text{исп.}i}$ определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{p-\text{исп.}i}}{I_{\text{финр.}i}}$$

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.}1}}{I_{\text{исп.}2}}$$

Таблица 15 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог
	Интегральный финансовый показатель разработки	1	1
	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,15	3,6

Интегральный показатель эффективности	4,15	3,6
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,153	

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что разрабатываемые методы и средства для поверки дальномеров является более эффективным вариантом решения поставленной задачи по сравнению с предложенным аналогом, основываясь на показателях эффективности.

Выводы по главе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1) Потенциальными потребителями результатов исследования являются дальномеры лазерные. Сегментирование рынка осуществляется по следующему критерию: потребность в результате НТИ.

2) В результате проведения анализа конкурентных технических решений сделан вывод о том, что разрабатываемый метод для поверки дальномеров лазерных является наиболее предпочтительным, чем лента измерительная.

3) Определены сильные и слабые стороны проекта, выявлены возможности и угрозы для реализации проекта. По итогам выполнения SWOT-анализа выбраны наиболее эффективные стратегии.

4) Оценка степени готовности научной разработки к коммерциализации показала средний уровень, который можно повысить путем более детального исследования коммерческой составляющей проекта.

5) В процессе планирования научно-исследовательского проекта построен план управления научным проектом, определены виды работ, установлены даты начала и окончания работ и состав участников.

б) При планировании бюджета рассчитаны материальные затраты, основная заработная плата руководителя и инженера, отчисления во внебюджетные фонды. Бюджет затрат составил 321907,9 рублей.

Оценка эффективности исследования показала, что разрабатываемый проект является более эффективным вариантом решения поставленной задачи по сравнению с предложенным аналогом.

5 Социальная ответственность

В разделе «Социальная ответственность» рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места и условий, в которых будет реализовываться разработка методики поверки на Базис эталонный линейный.

Методика разрабатывается для инженера по метрологии, который будет использовать её при поверке Базиса линейного эталонного. Данная методика позволит поверить Базисы эталонные линейные на соответствие предъявляемым требованиям. Проводилось совершенствование эталонной базы для поверки дальномеров. Разработалась необходимая документация для утверждения типа линейного эталонного базиса.

Рабочим местом для разработки методики является рабочий кабинет, который находится в ФБУ «Томский ЦСМ», рабочей зоной

является стол с персональным компьютером.

В данном разделе указаны такие вредные факторы, оказывающие негативное влияние на организм человека, пониженная или повышенная температура воздуха, подвижные части производственного оборудования, повышенный уровень лазерных излучений, отклонение показателей микроклимата, статические физические перегрузки. А также рассмотрены такие опасный факторы, как электрический ток, короткое замыкание и статическое электричество. Так же указан характер вредного воздействия данных факторов на организм и последствия их длительного и сосредоточенного наблюдения.

Негативного воздействия на селитебную зону, на гидросферу, на атмосферу не выявлено. Основные виды загрязнения литосферы – твердые бытовые и промышленные отходы.

Так же были рассмотрены предполагаемые ЧС: пожары, наводнения, ураганы, землетрясения. В данном разделе рассмотрим наиболее вероятное ЧС – пожары, и способы их устранения.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно трудовому кодексу РФ [13], следует, что продолжительность рабочей недели не должна превышать 40 ч при пятидневной неделе. Продолжительность работы за компьютером не должна превышать 6 ч за смену и должны делаться перерывы от 10 до 15 мин через промежутки времени от 45 до 60 мин работы. Перерывы сопровождаются проветриванием и гимнастикой для глаз и тела.

Согласно ТООИ Р-45-084 [14] высота рабочей поверхности стола должна регулироваться в пределах от 680 до 800 мм. При отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности стола должна быть 725

мм. Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, глубиной на уровне колен не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног не менее 650 мм. Рабочий стул должен быть подъемно–поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сидения.

Рабочее место в учебной аудитории для разработки методики аттестации соответствует заявленным параметрам.

5.2 Производственная безопасность

При разработке типового положения руководства по качеству КДЛ могут возникнуть следующие возможные вредные производственные факторы:

- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- повышенный уровень электромагнитных излучений;
- нервно–психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда);
- статические физические перегрузки.

При разработке типового положения руководства по качеству КДЛ могут возникнуть следующие опасные производственные факторы:

- электрический ток;
- короткое замыкание;
- статическое электричество.

Для идентификации потенциальных факторов был использован ГОСТ 12.0.003-2015 [15]. Классификация Перечень опасных и вредных

факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлены в таблица 19.

Таблица 19 - Опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте при разработке методики поверки на Базис линейный эталонный.

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Отклонение показателей микроклимата	СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»
Пониженная/повышенная температура воздуха	ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
Статические физические перегрузки	ГОСТ 12.0.003-74 Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
Длительное сосредоточенное наблюдение.	Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство, по гигиенической оценке, факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности
Подвижные части производственного оборудования	ГОСТ Р 54124-2010 Национальный стандарт Российской Федерации. Безопасность машин и оборудования. Оценка риска.
Повышенный уровень лазерных излучений	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов; ТОИ Р-07-001-98 Типовая инструкция по охране труда общие требования безопасности для профессий и видов работ, выполняемых в полевых условиях»
Опасность поражения электрическим током	ОСТ 12.1.038-82 Электробезопасность ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов

	безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление
Короткое замыкание	ГОСТ 26522-85 Короткие замыкания в электроустановках
Статическое электричество	ГОСТ Р 12.1.019-2017 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

5.2.1 Анализ вредных факторов

5.2.1.1 Повышенная или пониженная температура воздуха

Значительную часть своего времени человек проводит на рабочем месте. В среднем это 8 часов в день или 40 часов в неделю. И если на протяжении этого времени на человека будет оказываться негативное воздействие окружающего микроклимата, то это может причинить вред здоровью.

Под рабочим местом следует понимать любое место, где работник осуществляет свою трудовую деятельность, где он должен находиться или куда прибыть для выполнения своих трудовых обязанностей. То есть любые офисы, производственные цеха, мастерские, складские и торговые помещения и т.д.

Параметры микроклимата непосредственно влияют на организм человека, поэтому важно, чтобы для сотрудников были созданы не только безопасные условия труда, но и поддерживался оптимальный уровень температуры, влажности и скорости движения воздуха.

Для офисов наиболее остро стоит именно вопрос температуры, потому что в одном помещении одновременно находится несколько человек и у каждого из них собственные температурные предпочтения.

Кроме того, неправильная температура воздуха на рабочем месте влияет на эффективность и работоспособность сотрудников. Поэтому

руководству компании и собственникам бизнеса необходимо наладить оптимальные условия микроклимата.

Для регулирования температурного режима на рабочем месте принят свод санитарно-эпидемиологических норм и правил - СанПиН 1.2.3685-21 [16] «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» определяет

Гигиенические нормативы содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений.

ГОСТ 12.1.005-88 [17] распространяется на воздух рабочей зоны предприятий народного хозяйства. Стандарт устанавливает общие санитарно-гигиенические требования к показателям микроклимата и допустимому содержанию вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Требования к допустимому содержанию вредных веществ в воздухе рабочей зоны распространяются на рабочие места независимо от их расположения (в производственных помещениях, в горных выработках, на открытых площадках, транспортных средствах и т.п.).

Требования к микроклимату не распространяются на рабочие места в подземных и горных выработках, в транспортных средствах, животноводческих и птицеводческих помещениях, помещениях для хранения сельскохозяйственных продуктов, холодильниках и складах.

5.2.1.2 Подвижные части производственного оборудования

В соответствии с ГОСТ Р 54124-2010 [18] Национальный стандарт Российской Федерации. Безопасность машин и оборудования. Оценка риска.

ГОСТ 12.2.062-81 [19] Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Ограждения защитные.

Производственное оборудование должно обеспечивать безопасность работающих при монтаже (демонтаже), вводе в эксплуатацию и эксплуатации как в случае автономного использования, так и в составе технологических комплексов при соблюдении требований (условий, правил), предусмотренных эксплуатационной документацией.

Каждый технологический комплекс и автономно используемое производственное оборудование должны укомплектовываться эксплуатационной документацией, содержащей требования (правила), предотвращающие возникновение опасных ситуаций при монтаже (демонтаже), вводе в эксплуатацию и эксплуатации.

Производственное оборудование должно отвечать требованиям безопасности в течение всего периода эксплуатации при выполнении потребителем требований, установленных в эксплуатационной документации.

Материалы конструкции производственного оборудования не должны оказывать опасное и вредное воздействие на организм человека во всех заданных режимах работы и предусмотренных условиях эксплуатации, а также создавать пожаровзрывоопасные ситуации.

Конструкция производственного оборудования должна исключать во всех предусмотренных режимах работы нагрузки на детали и сборочные единицы, способные вызвать разрушения, представляющие опасность для работающих.

Если возможно возникновение нагрузок, приводящих к опасным для работающих разрушениям отдельных деталей или сборочных единиц, то производственное оборудование должно быть оснащено устройствами, предотвращающими возникновение разрушающих нагрузок, а такие детали и сборочные единицы должны быть ограждены или расположены так, чтобы их разрушающиеся части не создавали травмоопасных ситуаций.

5.2.1.3 Повышенный уровень лазерных излучений

В соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 [20] Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов;

ТОИ Р-07-001-98 [21] Типовая инструкция по охране труда общие требования безопасности для профессий и видов работ, выполняемых в полевых условиях». При работе с лазерами необходимо обеспечить такие условия труда, при которых не превышаются предельно допустимые уровни облучения глаз и кожи. Меры безопасности заключаются в устройстве защитных экранов, канализации лазерного излучения по световодах, использовании защитных очков. Защитные очки следует тщательно подбирать в зависимости от рабочей длины волны лазерного света, а их спектр пропускания необходимо проверять. Очки должны эффективно сдерживать излучения лазера, однако не быть слишком темными. Для защиты от рассеянного излучения, кроме использования очков, применяют специальную окраску или отделку стен лаборатории, а также ограждения экранами.

При использовании лазеров видимого диапазона нужны специальные предупредительные световые табло или надписи при работе с лазерами. Для непрерывных лазеров мощностью 1-5 мВт

желаемое выполнения ряда мероприятий, среди которых: защита глаз работа в специальном помещении; ограничения пути луча; предупредительные световые табло. При применении лазеров средней мощности эти мероприятия являются обязательными, а для мощных лазеров, кроме названных мероприятий, необходимо контролировать помещения и систему оповещения, обеспечивать дистанционное включение, управление работой и выключателя питания.

Рекомендуется обучение правилам техники безопасности и периодическое обследование персонала, обслуживающего лазерные установки.

5.2.1.4 Отклонения показателей микроклимата

Санитарные правила обязывают к соблюдению гигиенических требований к показателям воздушной среды на рабочих местах организаций с учетом времени и трудозатрат сотрудников работающих, периода года выполнения работы и к контролю микроклиматических условий. 77 Соблюдение микроклиматических норм обеспечивает комфортные для сотрудника условия, а также поддерживают оптимальное или допустимое тепловое состояние организма, в течение всего рабочего дня, не вызывая проблем со здоровьем и создавая условия для высокого уровня работоспособности. Оптимальные показатели воздушной среды рабочего места, где производилось исследование, соответствуют нормам в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 [22] Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
ГОСТ 12.1.005-88 [23] Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

5.2.1.5 Статические физические перегрузки

Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [24] Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Статические физические перегрузки вызываются длительным пребыванием человека в вынужденной рабочей позе или длительным статическим напряжениям отдельных групп мышц при выполнении работ.

При разработке методики поверки статические физические перегрузки, оказывающие влияние на следующие группы мышц:

- сидя за компьютером – шейный и плечевой пояс;
- сидя с наклоненным туловищем – пояснично–крестцовый отдел;
- с упором на локоть (давление на локтевой сустав);
- кистевой обхват (давление на ладонную поверхность кисти).

Физические перегрузки способствуют возникновению производственно обусловленной заболеваемости, которая выражается в виде заболеваний различных систем организма – сердечно–сосудистой (миокардиодистрофия) и дыхательной (эмфизема легких), желудочно–кишечного тракта и других.

Главными мероприятиями по снижению физических перегрузок являются ликвидация ручных операций, уменьшение темпа работы, борьба с другими производственными факторами, а также лечебно–профилактические мероприятия (предварительные перед поступлением на работу и периодические медицинские осмотры).

5.2.2 Анализ опасных факторов

5.2.2.1 Электрический ток

В соответствии с ГОСТ 12.1.030–81 [25] и ГОСТ 12.1.038–82 [26] учебная аудитория является помещением без повышенной опасности, т.е. отсутствуют какие-либо условия, создающие опасность: оно сухое, хорошо отапливаемое, полы токонепроводящие, температура и влажность соответствуют нормам. В аудитории отсутствуют электроустановки, за исключением компьютера.

Деятельность непосредственно связана с ПЭВМ, токоведущие части изолированы, т.е. случайное прикосновение к токоведущим частям исключено.

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, рекомендуется применять защитное заземление.

Заземление корпуса ПЭВМ обеспечено подведением заземляющей жилы к питающим розеткам. Сопротивление заземления 4 Ом, согласно «ПУЭ 7. Правила устройства электроустановок. Издание 7» для электроустановок с напряжением до 1000 В.

Основное мероприятие по электробезопасности – инструктаж и обучение безопасным методам труда, а также проверка знаний правил безопасности и инструкций в соответствии с занимаемой должностью применительно в выполняемой работе.

5.2.2.2 Короткое замыкание

Короткое замыкание – электрическое соединение разных фаз или потенциалов электроустановки между собой или с землей, не предусмотренное в нормальном режиме работы, при котором в проводниках, в месте контакта, резко возрастает сила тока, превышая максимально допустимые величины, что представляет большую опасность для электрического оборудования и может вызвать перебои в

электроснабжении потребителей. Короткое замыкание может привести к пожару ГОСТ 26522–85 [27]

Основной и важной причиной возникновения коротких замыканий является нарушения изоляции электрооборудования. Нарушения изоляции могут вызываться: перенапряжениями, прямыми ударами молнии, старением изоляции, механическими повреждениями изоляции и неудовлетворительным уходом за оборудованием.

Мероприятия для предотвращения возникновения короткого замыкание – это своевременное техническое обслуживание, правильная эксплуатации, в соответствии с документацией на оборудование и ограниченное время работы.

5.2.2.3 Статическое электричество

Основными причинами, влекущими за собой возникновение статического электричества, являются:

- отдаление или контакт двух материалов;
- быстрые температурные перепады;
- УФ–излучение, радиация, сильные электрические поля;
- операции, производимые путем нарезания (раскроечные станки или бумагорезальные машины);
- наведение, то есть возникновение электрического поля, вызванного статическим зарядом ГОСТ 12.1.030–81 [25].

Главная опасность заключается в неконтролируемом ударе током.

Мероприятия для устранения возможности возникновения статического электричества:

- следить за температурными показателями в помещении;
- постоянно проветривать помещение;
- проводить влажную уборку;

- снизить электростатическое напряжение, уменьшив скорость работы, используя специальные материалы и заземление.

5.3 Экологическая безопасность

Согласно ГОСТ 17.4.3.04-85 [28] и ГОСТ Р 57740-2017 [29]

Деятельность по разработке методики поверки связана с работой фазовых светодальномерах. Основные виды загрязнения литосферы – твердые бытовые и промышленные отходы. В рабочем кабинете ФБУ «Томский ЦСМ» все отходы, которые образуются в ходе работы, утилизируются специализированным персоналом.

К отходам, производимым в помещении, можно отнести бумажные отходы, то есть макулатуру. Бумажные отходы в компании накапливаются в специальном контейнере, который располагается в общей доступности, и передаются в пункты приема макулатуры для дальнейшей переработки. Дополнительным методом снижения отходов является увеличение доли электронного документооборота.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайными ситуациями в подобных помещениях могут быть пожары, землетрясение, наводнение, ураганы, оползни, обвалы; провалы.

Рассмотрим наиболее возможную ЧС при разработке методики аттестации – пожар. Основы пожарной безопасности определены по ГОСТ 12.1.004 [30] и ГОСТ 12.1.010 [31].

Причинами пожара могут быть:

- токи короткого замыкания;
- электрические перегрузки;
- выделение тепла, искрение в местах плохих контактов при соединении проводов;

- курение в неположенных местах.

Для предотвращения возникновения пожара в рабочем кабинете осуществляется ряд действий:

- помещение содержится в чистоте. По окончании работы проводится влажная уборка всех помещений;
- работа должна проводиться только при исправном электрооборудовании;
- на видном месте вывешен план эвакуации из помещения с указанием оборудования, которое нужно эвакуировать в первую очередь;
- уходящий из помещения последним, проверяет, выключены ли нагревательные приборы, электроприборы и т. д. и отключение силовой и осветительной электрической сети;
- в кабинете имеются средства тушения пожара (огнетушители)

На рисунке 5 представлен план эвакуации людей при пожаре и других ЧС 1 этажа лабораторного корпуса ФБУ «Томский ЦСМ». Кабинет №114 находится в нижнем левом углу плана эвакуации.

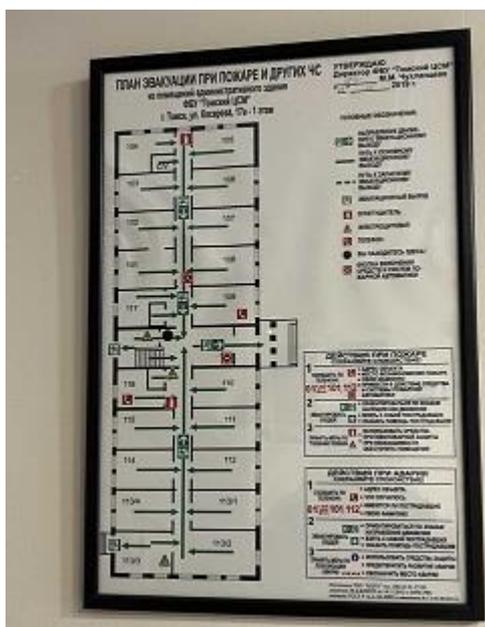


Рисунок 5– План эвакуации людей при пожаре и других ЧС

5.5 Выводы по разделу «Социальная ответственность»

Работы по разработке методики поверки для базисов линейных эталонов проводились в рабочем кабинете ФБУ «Томский ЦСМ». В процессе написания раздела «Социальная ответственность» данный кабинет был проанализирован с разных сторон: выявлены вредные и опасные факторы, предложены мероприятия для их устранения, оценена возможность негативного воздействия на окружающую среду, рассмотрены возможные ЧС и меры их предотвращения.

Явных и грубых нарушений в учебной аудитории ФБУ «Томский ЦСМ» не выявлено. Помещение соответствует всем требованиям безопасности.

Заключение

В результате выполнения магистерской диссертации был проведен анализ существующих методов и средств для поверки лазерных дальномеров, определены характеристики базиса, а также разработана сопроводительная документация для утверждения типа базиса. Определена процедура поверки базиса, выбран эталон длины, подготовлена процедура расчета погрешности, что отражено в разработанной методике поверки базиса эталонного линейного.

Полученные результаты могут быть использованы в ФБУ «Томский ЦСМ» при первичной и периодической поверке базиса линейного эталонного.

Список использованных источников

1. ЗАКОН Ф. Федеральный закон от 26.06. 2008 N 102-ФЗ (ред. от 13.07. 2015)" Об обеспечении единства измерений //закон. – 2011. – №. 242-ФЗ.

2. ГОСТ 8.513-84 Государственная система обеспечения единства измерения. Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения.

3. ГОСТ Р 8.885-2015 Национальный стандарт Российской Федерации. Государственная система обеспечения единства измерений. Эталоны.

4. ГОСТ 8.061-80 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Поверочные схемы. Содержание и построение.

5. ГОСТ 8.417-2012 Межгосударственный стандарт. Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы измерений.

6. МИ 2060-90 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений длины в диапазоне от 1/1000000 до 50 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм.

7. ГОСТ 8.503-84 . Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений длины в диапазоне 24-75000 м.

8. МИ БГЕИ 30-94 Методика института. Применение светодаляномера СП-2 («ТОПАЗ») для поверки базисов.

9. ГОСТ Р 50.2.077-2014 Государственная система обеспечения единства измерений. Испытания средств измерений в целях утверждения типа.

10. ГОСТ Р 8.750-2011 Национальный стандарт Российской Федерации. Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для координатно-временных средств измерений.

11. МИ БГЕИ 34-00 Базисный прибор БП-1. Методика выполнений измерений контрольных базисов.

12. № 212-ФЗ Российская Федерация. Федеральный закон. О страховых взносах в пенсионный фонд Российской Федерации.

13. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2022)

14. ТОИ Р-45-084 Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере.

15. ГОСТ 12.0.003-2015 Межгосударственный стандарт. Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

16. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.

17. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

18. ГОСТ Р 5124-2010 Национальный стандарт Российской Федерации. Безопасность машин и оборудования. Оценка риска.

19. ГОСТ 122.062-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Ограждения защитные.

20. СанПиН 2.21/2.1.1.120-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.

21. ТОИ Р-07-001-98 Типовая инструкция по охране труда общие требования безопасности для профессий и видов работ, выполняемых в полевых условиях.

22. ГОСТ 12.1005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

23. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Перечень опасных и вредных факторов.

24. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

25. ГОСТ 26522-85 Короткие замыкания в электроустановках.

26. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

27. ГОСТ 17.4.304-85 Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.

28. ГОСТ Р 57740-2017 Национальный стандарт Российской Федерации. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Требования к приему, сортировке и упаковыванию опасных твердых коммунальных отходов.

29. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования.

30. ГОСТ 12.1.010-76 Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. Общие требования.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(справочное)

БАЗИС ЛИНЕЙНЫЙ ЭТАЛОННЫЙ ПАСПОРТ

1. НАЗНАЧЕНИЕ ИЗДЕЛИЯ

1.1. Базис линейный эталонный для поверки средств измерений длины и плоского угла (светодальномеров, тахеометров, нивелиров, измерительных лент, буссолей) в геодезии и других отраслях промышленности.

Базис линейный эталонный по ГОСТ 8.503-84

2. КОМПЛЕКТНОСТЬ

Конструктивно базис состоит из двух фундаментальных железобетонных столбовых геодезических пунктов, размещенных на крыше здания и образующих между собой базисную линию. На каждом центре пункта базиса жестко закреплен геодезический дюймовый винт для штатного крепления испытываемой геодезической аппаратуры и ее элементов. Значения характеристик базиса измеряются относительно верхних срезов и центров геодезических винтов пунктов. Для поддержания характеристик функционально в состав базиса включен рабочий эталон 1-го разряда - тахеометр электронный ТСА2003.

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

3.1. Длина Базиса линейного эталонного составляет от 24 до 75000 м.

4. УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

- температура окружающего воздуха, С° (К) 20 ± 5 (293 ± 5)
- относительная влажность воздуха, % 65 ± 15
- атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.) 100 ± 4 (750 ± 30)
- параметры питания от сети постоянного тока

- напряжение, В 12...36 В

5. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

- проверить комплектность поверяемого базиса;
- проверить комплектность рекомендованных (или аналогичных им) средств поверки, заземлить (если это необходимо) требуемые рабочие эталоны, средства измерений и включить питание заблаговременно перед очередной операцией поверки (в соответствии со временем установления рабочего режима, указанным в РЭ).

6. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

В целях сохранности эталонных базисов, обеспечения их долговременного функционирования и поддержания их метрологических параметров на требуемом техническом уровне, необходимо периодически проводить комплекс научно-методических и организационно -технических мероприятий, который должен включать в себя:

- проведение с необходимой частотой контрольных измерений для получения количественных характеристик устойчивости центров базиса в плане и по высоте;

-обследование внешнего состояния пунктов, других устройств и сооружений базиса с целью получения качественных характеристик состояния базиса;

- восстановление наружного оформления пунктов базиса, наблюдательных площадок, ограждений, проведение профилактического ремонта и окраски монолитов.

7. ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

7.1 Изготовитель гарантирует соответствие базиса линейного эталонного требованиям

СТО-02570823-19-05 при соблюдении условий транспортировании, хранении и эксплуатации.

7.2. Гарантийный срок эксплуатации -12 месяцев со дня продажи.

8. СВЕДЕНИЯ О КОНСЕРВАЦИИ

Базис линейный геодезический подвергнут консервации и упаковке

Срок консервации – 24 месяца

9. СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЕМКЕ

Базис линейный геодезический соответствует требованиям СТО-02570823-19-05 и признан годным к эксплуатации

Зав. № _____

Дата выпуска _____

Изделие выполнено ОТК _____

Штамп контролера

Изготовитель: ФБУ «Томский ЦСМ» г. Томск ул. Косарева 17а

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(справочное)

ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ

Базис линейный эталонный

Назначение средства измерений

Базис линейный эталонный предназначен для поверки средств измерений длины и плоского угла (светодальномеров, тахеометров, нивелиров, измерительных лент, буссолей) в геодезии и других отраслях промышленности.

Описание

Принцип действия базиса заключается в хранении эталонных значений длин отрезков эталонного азимута, которые передаются рабочим средствам измерений. Базис построен в 1988 году. Контрольные измерения проводились один раз в 2 года. С целью определения устойчивости центров одновременно с линейными измерениями проводятся створные измерения методом малых углов (менее 1') по программе последовательных створов и высокоточное нивелирование центров короткими лучами.

Основные технические характеристики

Диапазон измерений длин линий D, м.....(24-75000)

Абсолютная погрешность Базиса при доверительной вероятности 0,67, мм на интервале:

-24-288 м±0,1

-288-75000±(2×10⁻⁶D), где D в мм

Базис эксплуатируется на открытом воздухе по гр. Д1 ГОСТ 12997, со следующими уточнениями:

-температура окружающей среды, °Сот -10 до плюс .3;

-верхнее значение относительной влажности без конденсации влаги
%,..... 98

- атмосферное давление, кПа.....(95-115)

Средний срок службы, лет, не менее.....60

Номинальные значения длин линий Базиса (ВІ01÷ВІ08), м: 24, 288,
480, 984, 1488, 2016 и т.д.

Допуск створности пунктов Базиса, мм, в диапазоне:

-24 до 50 м.....± 50

-500 до 75000 м.....± 100

Высота центра над уровнем земли, м.....1,2

Общий уклон трассы, не более.....1/20

Знак утверждения типа

Знак утверждения типа средств измерений нанесен на пластиковую наклейку на корпусе первого центра и на титульный лист формуляра типографским способом.

Комплектность

Обозначение	Наименование	Количество	Заводской номер	Примечание
ВІ01... ВІ08	Центр	8	-	-
ВІ01, ВІ08	Эталон азимута	1	-	-
ОМ-1 ФО	Формуляр	1	-	-

Поверка

Поверку Базиса проводят в соответствии с документом МИ 19996-89 «Базисы в дальнометрии образцовые. Методика поверки».

Межповерочный интервал-3 года.

Нормативные и технические документы

ГОСТ 8.016-81 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений плоского угла

ГОСТ 8.503-84 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерения длины в диапазоне 24÷75000 м

ГОСТ Р 8.750-2011 ГСИ. Государственная поверочная схема для координатно-временных средств измерений

СТО-02570823-19-05 Стандарт организации. Базисы линейные эталонные Общие технические требования

ПТБ-88 Правила по технике безопасности на топографо-геодезических работах

-М.: «Недра», 1991

Заключение

Тип «Базис линейный эталонный «Томский» заводской (инвентарный) номер ТМ-01 утвержден с техническими и метрологическими характеристиками, приведенными в настоящем описании типа, метрологически обеспечен в эксплуатации согласно государственным поверочным схемам.

Изготовитель: ФБУ «Томский ЦСМ». Адрес: г. Томск ул. Косарева

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(справочное)

УТВЕРЖДАЮ
директор ФБУ «Томский ЦСМ»
Н.В. Мурсалимова

Базис линейный эталонный

Методика поверки

г. Томск,
2022 г.

УТВЕРЖДАЮ
директор ФБУ «Томский ЦСМ»
Н.В. Мурсалимова

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

Настоящая методика поверки распространяется на базисы линейные эталонные, выпускаемые фирмой «ФБУ Томский ЦСМ» г. Томск и устанавливает методы и средства поверки на эталонные базисы 1-го, 2-го, 3-го разрядов.

Межповерочный интервал-12 месяцев

Операции поверки

При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Наименование операций	Номер пункта МИ по поверке	Обязательность проведения операции при	
			первичной поверке (после ремонта)	периодической поверке
1	Внешний осмотр	7.1	да	да
2	Опробование	7.1	да	да
3	Определение абсолютной погрешности (по уровню вероятности 0,95) хранения длины базисной линии	7.2	да	да

2. Средства поверки

Допускается применять другие средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик с точностью, удовлетворяющей требованиям настоящих методических указаний.

Номер пункта методики	Наименование рабочих эталонов или вспомогательных средств поверки и метрологические характеристики средств поверки
	Рабочий эталон 1-го разряда-фазового светодальномера, диапазон измерений длины от 24 до 75000 м, предел допускаемой абсолютной погрешности измерений длин базисных линий ± 4

3. Требования к квалификации поверителей

К проведению измерений эталонных базисов и обработке результатов измерений допускаются лица, имеющие высшее геодезическое образование, практический опыт в области геодезических измерений не менее 2 лет и аттестованные в качестве поверителей.

4. Требования безопасности

При проведении поверки базисов должны быть соблюдены требования безопасности выполнения работ. Инженерно-технические работники, допущенные к измерению эталонных базисов, должны пройти обучение по безопасности труда и инструктаж на рабочем месте по данному виду работ.

5. Условия поверки

При использовании фазовых светодальномеров для определения длины эталонных базисов условия поверки должны соответствовать требованиям инструкции по эксплуатации.

6. Подготовка к поверке

Перед проведением поверки эталонных базисов должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

1. Установить наличие свидетельств с действующими сроками поверки СИ; выполнить поверки СИ при отсутствии свидетельств о поверке.

7. Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр и опробование

7.1.1 Для получения метрологических характеристик эталонного базиса перед выполнением измерений производится обследование базиса по всей длине. Оценивается подъезд и подход к пунктам. Определяется внешнее состояние базисных пунктов и их центров, наличие нумерации или их обозначение. Оценивается состояние других устройств и сооружений-пирамид над центрами пунктов, помостов, ограждений, с целью безопасности их для СИ и операторов, выполняющих поверку.

7.1.2 Проверяется наличие прямой видимости между конечными пунктами базиса, а также между любой парой пунктов. Контроль видимости выполняется с помощью теодолита.

7.1.3 Оцениваются условия и обеспеченность удобства установки измерительных приборов и приспособлений, возможность центрирования СИ с необходимой точностью.

7.2 Определение абсолютной погрешности (по уровню вероятности 0,95) хранения длины базисной линии.

7.2.1 Установить на первый ФПГ базиса эталон 1-го разряда-фазовый светодалномер.

7.2.2 В соответствии с руководством по эксплуатации, провести горизонтирование и выполнить операции подготовки к работе фазового светодалномера.

7.2.3 Проконтролировать, чтобы значение измеренной длины базисной линии, между измерительными приемами, не отличались на величину более 1 мм.

7.2.4 При невыполнении требований п. 7.2.3, измерения длины базисной линии на котором были выполнены с превышением допусков между измерительными приемами, повторить.

7.2.5 Определить среднее значение измеренной длины базисной линии (L):

$$L_{\text{изм}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N L_i, \quad (1)$$

где, L_i - значение длины базисной линии измеренное фазовым светодальномером в i -ом измерительном приеме;

N - количество приемов измерений длины базисной линии.

7.2.6 Определить отклонение среднего значения длины базисной линии от действительного значения длины базисной линии:

$$\Delta_L = L_{\text{изм}} - L_d, \quad (2)$$

Где L_d - действительное значение длины базисной линии, выписанное из формуляра на комплекс.

7.2.7 Определить среднее квадратическое отклонение результата измерения значения базисной линии:

$$\sigma_L = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (L_{\text{изм}} - L_i)^2}, \quad (3)$$

7.2.8 Определить значение абсолютной погрешности (по уровню вероятности 0,95) измерения длины базисной линии:

$$\Pi_L = \bar{\Delta}_L \pm 2 \cdot \sigma_L, \quad (4)$$

7.2.9 При проведении поверки значение абсолютной погрешности (по уровню вероятности 0,95) измерения длины базисной линии принимать в качестве погрешности хранения.

7.2.10 Результаты поверки считать положительными, если значение абсолютной погрешности (по уровню вероятности 0,95) хранения длины базисной линии находятся в пределах ± 1 мм.

8. Оформление результатов поверки

8.1 При положительных результатах поверки базиса выдается свидетельство установленной формы, на которое наносится знак поверки в виде оттиска клейма.

8.2 В случае отрицательных результатов поверки поверяемый базис к дальнейшему применению не допускается. На него выдается извещение о непригодности к применению.

Приложение Д
(справочное)

Improvement of the reference base for verification of rangefinders

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ01	Верецун Юлия Ивановна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Худоногова Людмила Игоревна	к.т.н. доцент		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Маркова Наталия Александровна			

Chapter 1. Analysis of existing methods and means of verification of laser rangefinders

1.1 Laser rangefinders

A laser rangefinder is a device for measuring distance with a wide range of applications.

The operation of laser rangefinders is based on the emission of a signal whose frequency does not exceed 500 MHz. The wave has a constant length (500-1100 nanometers). The photodetector receives a pulse reflected from the object, and the measured distance is determined based on the calculation of the difference between the initial and final phases of the signal. Laser rangefinders provide high measurement accuracy at a distance of an object of no more than 1 km.

1.1.1 Functions of laser rangefinders. Applications

The main functions of laser rangefinders include the following functions.

1) Determining the distance from different reference points.

The laser rangefinder has several reference points, which is associated with the peculiarities of the measurement. The laser beam comes from the body of the device, so when measuring the distance from one wall to another, you will have to take into account the length of this body. It is conducted from the rear end of the device, from the front end or from the stop bracket (if any). When you need to know the exact length of the object, the bracket is extended 90 degrees.

2) Measurement of area and volume.

To measure the area of a rectangle with a laser rangefinder, you need to determine its length, width and press a special button. The device will calculate the area of the figure and display the result on the screen.

To determine the volume of a parallelepiped, you will have to measure its length, width and height. Some electronic roulettes can measure angles, areas and volumes of more complex figures. Such measurements will help you quickly determine the area of the floor, ceiling, walls or find out the volume of the structure. The latter will be required, for example, when building a swimming pool or installing an air conditioner, when you need to know the volume of air in air-conditioned rooms. Some appliances have a special painter function that adds up the lengths of the walls of a room and multiplies by the height to find out the total area of the room to be painted or wallpapered.

3) Continuous measurements.

Laser roulettes have one disadvantage compared to conventional roulettes. While it is easy for a measuring tape to step back from the wall a predetermined distance, a laser ruler needs a surface from which the beam will reflect. To solve this problem, the function of continuous measurements was invented. That is, if you need to step back from the wall, say, one and a half meters, you need to turn on this function and gradually move away from the wall. At this time, the instrument will take measurements after 1 second (depending on the settings), which will help you retreat to a precisely set distance.

4) Calculation-based measurements.

If for some reason the line length cannot be measured with the device, it can be calculated using certain formulas. Imagine that the room has a sloping roof. Then, to determine the length of the inclined line, you will need not a rectangle, but a trapezoid. It will not be difficult to measure three lines of this trapezoid with a rangefinder, while the device will calculate the length of the fourth line by itself using the trapezoid function.

Similarly, the height to the object is calculated if it is difficult to directly measure it. Then the distance to this point is measured diagonally (hypotenuse) and horizontally (first leg). According to the Pythagorean theorem known from the school geometry course, the device will calculate the vertical (second leg). Such a calculation is possible only for right triangles, that is, in the case of vertical, not inclined surfaces.

5) Definition of minimum and maximum.

Determining the length of the diagonal of a large room with a laser rangefinder is not so easy, since you need a clear hit from corner to corner. The maximum mode helps to reduce the risk of error and involves taking several consecutive measurements. The device is guided by the first measurement and considers it the smallest. If a larger value is found during subsequent measurements, then it will be considered the length of the diagonal. This is done on the basis that the length of the diagonal is always the largest of all possible lengths of the room.

The minimum mode is similar to the previous one and reduces the risk of measuring the distance not strictly at a right angle, but diagonally. For example, you need to measure the distance from the floor to the ceiling. Then, in the minimum mode, the device will find the smallest of all measured values.

Laser rangefinders are widely used in the following areas:

1. Construction.
2. Some types of geodetic works.
3. Scanners.
4. Robotics.
5. Navigation.

6. Geodesy.
7. Military business.
8. Astronomy, etc.

1.1.2 Classification of laser rangefinders

By appointment, laser rangefinders are divided into household and professional. The former most often have a small (up to 10 m) or medium (up to 50 m) measurement range, and limited functionality. Professional electronic tape measures are capable of measuring distances of more than two hundred meters, have a wide range of functions and can work in difficult weather conditions. A long range is necessary when building large objects, measuring the territory and in other cases.

According to the field of application, laser roulettes are divided into different categories. There are rangefinders for industry, military, geodesy, construction.

According to the principle of operation, there are pulse rangefinders and phase ones. Pulse contain a built-in timer, which determines the time of reflection of the beam from the object. Based on time and the speed of light, the distance is calculated. Pulsed laser tape measures have a powerful laser, so they can measure considerable distances, but are less accurate than phase meters. The decrease in accuracy is due to the fact that at a distance of even a few hundred meters the light beam is reflected too quickly (the speed of light is 300 thousand km / s), which requires an ultra-precise timer. Pulse roulettes got their name due to the fact that they send a laser beam in pulses.

In phase laser rangefinders, the beam is sent constantly and modulated by a signal of a certain frequency. The wave reflected from the object is recorded by a photodetector. The wave is sent in one phase and

reflected in the other, so the phase difference allows you to calculate the distance to the object. Phase rangefinders are more accurate, but due to the constant operation of the laser, they lose beam power, therefore they are used mainly for measuring at short distances.

1.1.3 Characteristics and design of the laser rangefinder

Regardless of what additional options the laser rangefinder is equipped with, it has the following characteristics.

1) Measuring range. Shows the maximum distance at which the device can measure the parameters of an object with the accuracy declared by the manufacturer; in modern models, this figure reaches 100 m.

2) Accuracy. The allowable measurement error is usually within 3 mm.

3) Nutrition. Usually carried out from AA or AAA cells, some models are powered by batteries or batteries of non-standard types.

4) Mass. Modern compact rangefinders weigh up to 150 grams. Heavier models are inconvenient to use, especially if you have to work with the device constantly.

The most popular are the following additions:

1) Level. With it, you can determine the deviations of the planes vertically and horizontally.

2) Protractor. In conjunction with the level allows you to make several measurements simultaneously.

3) Protection against dust and moisture. Rangefinders are precision electronic devices. If dust or moisture gets inside, it may malfunction. Almost all modern models are equipped with protected cases. However, if

the instrument is to be used in harsh environments, it is recommended to select the higher protection option.

4) Backlight. Even on expensive models with many additional options, you can sometimes find a monochrome display and a keyboard without backlighting.

The rangefinder consists of the following units:

- 1) Emitter - it generates a beam and sends it to the desired point.
- 2) Reflector - it is necessary for receiving the beam reflected from the object.
- 3) Microprocessor, to perform the necessary calculations.
- 4) A pre-installed program necessary for processing the data obtained during measurements.
- 5) A sight that allows you to direct the beam to the desired location.
- 6) Level with which the device can be strictly set in a horizontal or vertical plane.

1.2 Verification of the laser rangefinder

1.2.1 Verification of measuring instruments

According to federal law No. 102-FZ, verification of measuring instruments should be understood as a certain set of operations that is performed to confirm the compliance of measuring instruments with metrological requirements.

The classification of verifications is presented in GOST 8.513-84 [4]. According to this document, there are the following types of verifications:

- primary verification, which is subject to those measuring instruments that were released from production or repair, as well as imported;

- periodic verification, which is subject to measuring instruments that are already in operation or in storage. This verification is carried out at certain intervals, established in such a way that the suitability for the use of measuring instruments for the period between verifications is ensured;

- extraordinary verification, which is carried out in such cases as transfer for long-term storage, loss of documents on the verification performed, damage to the verification mark, etc.;

- inspection verification, which is carried out to determine the suitability for operation of measuring instruments in the implementation of state supervision and departmental control over the condition and operation of measuring instruments;

- expert verification, carried out in the event of disputes regarding the metrological characteristics of measuring instruments, their serviceability and suitability for operation.

Verification can be carried out either by the bodies of the state metrological service, or by special persons who have been certified as state or departmental verification officers. In the process of verification, errors in the operation of a geodetic instrument are revealed.

Due to the fact that in most cases standards are used to verify instruments, we will give a definition of the concept of a standard. A standard should be understood as an exemplary measure that serves to store, reproduce and transmit units of any quantities with the highest accuracy achievable at a given time.

According to GOST R 8.885-2015, there are the following types of standards:

- primary standards that are used as initial standards; their purpose is that they must reproduce, store and transmit units of magnitude with the highest accuracy;

- secondary standards, which receive a unit of quantity from state primary standards;

- working standards, which are standards designed to transfer the size of a unit to working measuring instruments;

- comparison standards used to compare those standards that for some reason cannot be directly compared with each other [7].

We note the important properties of the standard:

- immutability, which is understood as the fact that the standard must keep the size of the unit reproduced by it unchanged for a long period of time;

- reproducibility, i.e. the standard must be able to reproduce the unit of physical quantity on the basis of its theoretical definition with the least error;

- comparability, that is, the standard must have the ability to be compared with the standard of other measuring instruments.

The procedure for transferring a unit of any value from a more accurate standard to a less accurate standard is necessarily regulated by a verification scheme.

According to GOST 8.061-80, verification schemes are of the following types:

- state verification scheme, which applies to all measuring instruments of a given physical quantity that are used in the country;
- departmental verification scheme, which applies to measuring instruments that are subject to verification within the department;
- a local verification scheme that applies to measuring instruments that are subject to verification in this body of the state or departmental metrological service [3].

Note that local and departmental verification schemes can be developed in the absence of a state one.

1.2.2 The procedure and features of verification of laser rangefinders

Verification of rangefinders is carried out according to the verification procedure. The trust includes:

- external inspection;
- testing;

1. determination of the absolute error and root-mean-square error (RMS) of distance measurements.

During an external examination, the compliance of the rangefinder with the following requirements must be established:

2. absence of mechanical damage and other defects affecting operational and metrological characteristics;

3. availability of marking and completeness in accordance with the requirements of operational documentation

If the listed requirements are not met, the rangefinder is recognized as unsuitable for use, further verification operations are not performed.

During testing, the compliance of the rangefinder with the following requirements must be established:

- absence of pitching and displacements of fixedly connected parts and elements;
- operability of the rangefinder using all functional modes;
- discreteness of readings of measurements should correspond to operational documentation.

The absolute error and SQL of distance measurements is determined by measuring at least three control (reference) lines, the actual lengths of which are evenly spaced in the range of distance measurements of the rangefinder and measured by the reference SI. Control lines up to 2 m are determined using a reference measuring tape, from 2 m - using a reference light rangefinder. For each control line, at least 10 measurements are taken. Control lines are measured on a white surface in cloudy weather or indoors in low light. The absolute measurement error of each control line is calculated by the formula:

$$\Delta S = \left(\frac{\sum_{i=1}^n S_{ij}}{n} - S_{0j} \right) \pm 2 \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_{ij} - \frac{\sum_{i=1}^n S_{ij}}{n})^2}{n-1}}$$

where ΔS is the absolute measurement error of the j-th distance at the i-th reception, mm;

S_{0j} is the reference (actual) value of the j-th distance;

S_{ij} is the measured value of the j-th distance by the i-th reception;

n is the number of measurements of the j-th distance.

The SQL of measurements of each line is calculated by the formula:

$$m_{S_i} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_{o_j} - S_{i_j})^2}{n}}$$

where m_{S_i} is the SQL of measurements of the j -th distance.

The value of the absolute error A_i of distance measurements should not exceed:

$\pm 2 \cdot (1.50 + 0.05 \cdot 10^{-3} \cdot D)$ mm - under favorable conditions;

$\pm 2 \cdot (3.00 + 0.15 \cdot 10^{-3} \cdot D)$ mm - under adverse conditions.

Favorable conditions are measurements on a surface with 100% reflectivity (white painted wall) with low background illumination and moderate temperature (plus 25°C).

Unfavorable conditions are measurements on a surface with (10 - 100)% reflectivity at high background illumination (approximately 30,000 lux) and temperatures from minus 10 to 45 °C.

The value of the root-mean-square error m_s of distance measurements should not exceed:

- $(1.50 + 0.05 \cdot 10^{-3} \cdot D)$ mm - under favorable conditions;

- $(3.00 + 0.15 \cdot 10^{-3} \cdot D)$ mm - under unfavorable conditions, where D is the measured distance, mm.

The distance measurement error should be determined from the zero reference point: the lower, upper end of the rangefinder housing or the center of the threaded bushing when measuring from a tripod.

If the requirement is not met, the rangefinder is considered unsuitable.

If the requirement is not met, the rangefinder is recognized as unsuitable for use, further verification operations are not performed.

Verification results are documented in a protocol compiled in the form of a summary table of verification results. The MI verification protocol must contain the following data:

- name and type of measuring instruments;
- serial number;
- name of the enterprise to which this SI belongs;
- verification conditions;
- means of verification, standards;
- verification results (data from experimental studies).

Making changes or additions to the prepared and signed protocols is not allowed.

The result of verification is confirmation of the suitability of the measuring instrument for use or recognition of the measuring instrument as unsuitable for use.

If the verification results are positive, the rangefinder is recognized as fit for use and a verification certificate of the established form is issued for it.

The verification mark is applied to the verification certificate in the form of a sticker and (or) an imprint of the verification mark.

If the verification results are negative, the rangefinder is recognized as unsuitable for use and a notice is issued on the unsuitability of the established form indicating the main reasons.

Of particular importance when calibrating rangefinders is the length standard used, since the accuracy of measurements directly depends on this, as well as the maximum distance that can be measured during

verification. As standards, a measuring ruler, a linear basis, a measuring tape, a phase light range finder can be used.

Appendix A presents the state verification scheme for coordinate-time measuring instruments. The installation of the highest accuracy is designed to reproduce and store and transmit a unit of length in the range of 24 - 3000 m and transfer the size of a unit of length - a meter in the field of measuring large lengths in accordance with the definition of a meter in the International System of Units, includes a reference complex and comparison standards.

As working measuring instruments, they are used to transmit units by a laser satellite or phase geodetic rangefinder by direct comparison of the frequencies of the rangefinder master generators with a working standard. As working standards of length, reference linear bases are used according to GOST 8.503, which provide storage and transmission of a unit of length in the range from 24 to 75000 m.

1.3 Methods for verification of laser rangefinders

1.3.1 MP APM 34-13 Verification procedure "Laser rangefinders Leica DISTO D5 and Leica DISTO D8"

The verification procedure applies to laser rangefinders Leica DISTO D5 and Leica DISTO D8 manufactured by Leica Geosystems AG (Switzerland). Establishes the methodology for their primary and periodic verification. Calibration interval of periodic verification is 1 year.

Verification begins with an external inspection, then testing. Next, the following metrological characteristics are determined:

- determination of the wavelength of laser radiation is determined using a monochromator;

- determination of the diameter of the laser beam using a measuring ruler;

- determination of the power of laser radiation is determined using a wattmeter;

- determination of the distance measurement error is determined by repeated (at least 10) measurements of at least 3 control (reference lines), the actual lengths of which are evenly spaced in the range of the rangefinder measurement;

- determination of the error in measuring the angles of inclination, is determined using a quadrant and is calculated by the expression:

$$\Delta_{\text{angl}} = V_d - V_k, (3)$$

where Δ_{angl} is the error in measuring the angles of inclination;

V_d is the angle of inclination of the object table of the rotary device, measured by the rangefinder;

V_k is the angle of inclination of the object table of the rotary device, measured by a quadrant.

1.3.3 MP 2511/0013-2006 Verification procedure Laser rangefinders Stabila LE40/50/200

This procedure establishes the procedure for verifying the Stabila LE40/50/200 laser rangefinder. The rangefinder is subject to initial verification upon import into the territory of the Russian Federation and after repair. A rangefinder in operation is subject to extraordinary verification when:

-damage to the sign of the verification mark, as well as in case of loss of the verification certificate;

- commissioning after long-term storage (more than one calibration interval);

- known or suspected shock effect on the rangefinder, or its unsatisfactory performance.

Verification begins with an external inspection, then testing. Next, the metrological characteristics are determined, namely, the root mean square error of distance measurement.

Determination of UPC for measuring distances in the range from 0.05 to 12 m (for model LE 40) and from 0.05 to 30 m (for models LE 50 and LE200) is carried out by comparison with a measuring tape of the 3rd category with a length of at least 30 m. Measurements are taken at distances of 0.05m, 1m, 5m, 12m (for model LE 40) and 0.05m, 1m, 5m, 10m, 20m, 30m (for models LE 50 and LE200) . Measurements of each segment are carried out in at least 5 steps. In each reception, the rangefinder is removed and re-installed on the zero stroke of the measuring tape. The sequence of measurements according to the section "Measurements". Easy Distance Measurement" of the User Manual. Calculate the root mean square error of the distance measurement using the formula:

$$m_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_{ij}^2}{n}}$$

where Δ_{ij} is the difference between the measurement result of the j-th segment by the j-th reception and the reference value of its length;

n-number of receptions

The rangefinder is suitable for use if the m_i value for each segment does not exceed 1.5 mm (for model LE 40), 3 mm (for model LE 50) and 2 mm (for model LE 200).

1.3.4 MP APM 26-16 Verification procedure Laser rangefinders Leica DISTO D2

This verification procedure applies to laser rangefinders Leica DISTO D2, manufactured by Leica Geosystems AG (Switzerland), and establishes the methodology for their primary and periodic verification. Calibration interval of periodic verification is 1 year.

Verification begins with an external inspection, then testing. Next, metrological characteristics are determined, namely, the absolute error of distance measurements (with a confidence level of 0.95) and the SCP of distance measurements by comparison with a reference light range finder (tachymeter) of the 1st category. It is necessary to repeatedly, at least 10 times, measure at least 3 distance values, the actual lengths of which are evenly spaced in the claimed range of distance measurements, including close to the minimum and maximum distance measurements of the verified rangefinder.

Measurements are carried out in the following sequence:

- at the same level, on two tripods, a reference light rangefinder (total station) of the 1st category is installed opposite a white wall;
- using the plummet of the total station, a mark is placed on the surface on which the tripod is installed;

- the distance is measured from the surface on which the tripod is installed to the starting point of the range finder of the total station (crosshair on the side panel of the total station).

- a tripod with a range finder is installed instead of a tripod with a total station and centered on the mark left earlier. The height at which the rangefinder is located must correspond to the previously measured height of the total station. The absolute error of distance measurements (at a confidence level of 0.95) is determined by the formula:

$$\Delta S = \left(\frac{\sum_{i=1}^n S_{ij}}{n} - S_{0j} \right) \pm 2 \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_{ij} - \frac{\sum_{i=1}^n S_{ij}}{n})^2}{n-1}}$$

where ΔS is the absolute measurement error of the j-th distance at the i-th reception, mm;

S_{0j} is the reference (actual) value of the j-th distance;

S_{ij} is the measured value of the j-th distance by the i-th reception;

n is the number of measurements of the j-th distance.

The SQL of distance measurements is calculated by the formula:

$$m_{S_i} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_{0j} - S_{ij})^2}{n}}$$

where m_{S_i} is the SQL of measurements of the j-th distance.

The value of the absolute error in measuring distances (with a confidence level of 0.95) should not exceed:

± 3 mm - at a distance of 0.05 to 5 m inclusive under favorable conditions;

$\pm 2 (1.5 + 0.1 \text{ mm / m}) \text{ mm}$ - at a distance of more than 5 to 100 m inclusive under favorable conditions.

$\pm 6 \text{ mm}$ - at a distance of 0.05 to 5 m inclusive under adverse conditions;

$\pm 2 (3.0 + 0.15 \text{ mm / m}) \text{ mm}$ - at a distance of 0.05 to 5 m inclusive under adverse conditions.

The value of the root mean square error m_{si} of distance measurements should not exceed:

- 1.5 mm - at a distance of 0.05 to 5 m inclusive under favorable conditions;

- $1.5 \text{ mm} + 0.1 \text{ mm / m}$ mm - at a distance of more than 5 to 100 m inclusive under favorable conditions;

-3.0 mm - at a distance of 0.05 to 5 m inclusive under adverse conditions;

-3.0 mm + 0.15 mm - at a distance of 5 to 60 m inclusive under adverse conditions.

If the requirement is not met, the rangefinder is recognized as unsuitable for use, further verification operations are not performed.

1.3.5 Comparative analysis of laser rangefinder verification methods

Let's compare the existing methods for checking laser rangefinders according to the following parameters:

- number of verified physical quantities;

- measurement error;
- measurement range;
- the standards used.

The results of the comparative analysis are shown in Table 1.

Table 1 - Comparison of methods for verification of laser rangefinders

№	Name of the verification procedure	Measurement error				Measuring range	Reference
		laser radiation power	laser beam diameter	distances	tilt angle s		
1	MP APM 34-13	1 mW	6 mm	± 1 mm	± 0,3°	0,05-120 m	measuring ruler, set of bases
2	MP APM 12-18	-	-	± 2 mm	-	0,08-120 m	measuring tape
3	MP 2511/0013- 2006	-	-	± 1,5 mm; ± 2 mm ± 3 mm;	-	0,05-60 m	measuring tape, set of bases
4	MP APM 26-16	-	-	± 3 mm	-	0,05-60 m	total station electronic

It can be seen from the table that MP 1 and 2, with an almost identical measurement range, differ significantly in accuracy: for example, the error of MP 1, based on the use of reference bases, is two times less than the

error of MP 2, based on the use of only a measuring tape. A similar situation is observed for MP 3 and MP 4. Thus, we can conclude that the highest accuracy is provided by verification methods that use linear bases as a standard. In addition, the use of bases makes it possible to carry out verification of rangefinders in a much larger measurement range than when using measuring tapes and rulers. Therefore, the improvement of linear bases for use as reference tools in the verification of laser rangefinders is the most promising direction.