

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОСИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ»
(СГУГиТ)

Кафедра инженерной геодезии и маркшейдерского дела
Выпускная квалификационная работа соответствует уста-
новленным требованиям и направляется в ГЭК для защиты
Заведующий кафедрой _____ А. А. Шоломицкий

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Программа специалитета

21.05.01 – Прикладная геодезия

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ АТТЕСТАЦИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАХЕОМЕТРОВ

Выпускник _____ Д. А. Баранников
(подпись)

Руководитель _____ Г. А. Уставич
(подпись)

Консультанты _____ Г. А. Уставич
(подпись)

_____ Г. А. Уставич
(подпись)

Нормоконтролер _____ Н. М. Рябова
(подпись)

Новосибирск – 2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОСИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ»
(СГУГиТ)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой ИГиМД _____ А. А. Шоломицкий
« 29 » апреля 2019 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

Обучающегося Баранникова Дмитрия Андреевича _____
Группа ПГ-53 Институт геодезии и маркшейдерского дела
Специальность 21.05.01 – Прикладная геодезия
(код, наименование)
Тема ВКР: Совершенствование методики метрологической аттестации
электронных тахеометров
Руководитель¹ Уставич Георгий Афанасьевич
Ученое звание, ученая степень д.т.н.
Место работы, должность руководителя СГУГиТ, кафедра ИГиМД
профессор
Срок сдачи полностью оформленного задания на кафедру 29.04.2019 г.
Задание на ВКР (перечень рассматриваемых вопросов):
1. Выполнить анализ существующих способов и средств проведения
метрологической аттестации светодальномеров.
2. Разработать методику проведения метрологической аттестации с
использованием передвижного базиса.
3. Выполнить исследования с применением разработанного передвижного
базиса.
Вопросы экономики: Выполнить расчет сметной стоимости проведения
метрологической аттестации тахеометра с применением передвижного базиса.
Вопросы безопасности жизнедеятельности: Основные правила безопасности
выполнения полевых геодезических работ.

• ¹ Научный руководитель – для магистерских диссертаций

Перечень графического материала с указанием основных чертежей и (или) иллюстративного материала (формат А1): не планируется

Исходные данные к ВКР (перечень основных материалов, собранных в период преддипломной практики): _____

Нормативная документация, материалы, собранные при проведении метрологической аттестации с использованием передвижного базиса.

Консультанты:

по экономике*

Уставич Г. А., СГУГиТ, кафедра ИГиМД, профессор
(ФИО, место работы и должность)

по вопросам безопасности жизнедеятельности*

Уставич Г. А., СГУГиТ, кафедра ИГиМД, профессор
(ФИО, место работы и должность)

ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ ВКР

Номер этапа	Этапы ВКР	Срок исполнения
1	Начало выполнения ВКР	29.04.2019
2	Подбор литературы и исходных материалов	02.05.2019
3	Выполнение исследовательских, экспериментальных, расчетных работ (нужное подчеркнуть)	04.05.2019
4	Выполнение графических (иллюстративных) работ	18.05.2019
5	Текстовая часть ВКР (указать ориентировочные названия разделов и конкретные сроки их написания)	
6	Первый просмотр руководителем	22.05.2019
7	Второй просмотр руководителем	25.05.2019
8	Срок сдачи ВКР на кафедру	06.06.2019

«29» апреля 2019 г.

Руководитель _____
(Подпись)

Консультант Уставич Г. А.
(ФИО, подпись)

Уставич Г. А.
(ФИО, подпись)

Задание принял к исполнению и с графиком согласен _____
(подпись)

РЕФЕРАТ

Баранников Дмитрий Андреевич. Совершенствование методики метрологической аттестации электронных тахеометров.

Место дипломирования: Сибирский государственный университет геосистем и технологий, кафедра инженерной геодезии и маркшейдерского дела.

Руководитель – докт. техн. наук, профессор СГУГиТ Уставич Г. А.

2019 г., 21.05.01 «Прикладная геодезия», программа специалитета.

91 с., 23 табл., 22 рис., 12 источников, 6 приложений.

МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ АТТЕСТАЦИЯ, ПОВЕРКА, ИССЛЕДОВАНИЕ, ИЗМЕРЕНИЕ РАССТОЯНИЯ, БАЗИС

Целью выпускной квалификационной работы является выполнение разработки и исследование технологической аттестации тахеометров с применением передвижного базиса.

В выпускной квалификационной работе рассмотрены основные существующие методики осуществления метрологической аттестации светодальномеров и предложены новые методики осуществления поверки.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ АТТЕСТАЦИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ.....	8
1.1 Сущность терминов поверка, юстировка, аттестация. Эталоны.....	8
1.2 Методика поверки угломерных приборов.....	12
1.3 Методика поверки приборов для измерения превышений.....	16
1.4 Методика поверки дальномеров.....	23
1.5 Методика аттестации эталонных базисов.....	30
2 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ АТТЕСТАЦИИ ТАХЕОМЕТРОВ С ПОМОЩЬЮ ПЕРЕДВИЖНОГО БАЗИСА.....	33
2.1 Основные определяемые метрологические характеристики тахеометра.....	33
2.2 Анализ поверочной схемы для средств измерения длины.....	36
2.3 Разработка и исследование методики поверки тахеометра путем измерения одиночного расстояния.....	39
2.4 Разработка и исследование методики поверки тахеометра с применением трех штативов.....	58
2.5 Совершенствование методики поверки тахеометра с применением створа.....	60
2.6 Разработка передвижного базиса на шасси автомобиля.....	71
3 ВОПРОСЫ ЭКОНОМИКИ.....	74
4 ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	77
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	78
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЙ ТАХЕОМЕТРАМИ LEICA TCR1201 И LEICA TCR405 В ПЕРВОЙ ПОЗИЦИИ.....	80

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное) ВЕЛИЧИНЫ ОТКЛОНЕНИЙ ИЗМЕРЕННЫХ РАССТОЯНИЙ ОТ СРЕДНЕГО ДЛЯ ТАХЕОМЕТРОВ LEICA TCR1201 И LEICA TCR405 В ПЕРВОЙ ПОЗИЦИИ.....	82
ПРИЛОЖЕНИЕ В (обязательное) РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЙ ТАХЕОМЕТРАМИ LEICA TCR1201 И LEICA TCR405 ВО ВТОРОЙ ПОЗИЦИИ.....	84
ПРИЛОЖЕНИЕ Г (обязательное) ВЕЛИЧИНЫ ОТКЛОНЕНИЙ ИЗМЕРЕННЫХ РАССТОЯНИЙ ОТ СРЕДНЕГО ДЛЯ ТАХЕОМЕТРОВ LEICA TCR1201 И LEICA TCR405 ВО ВТОРОЙ ПОЗИЦИИ.....	86
ПРИЛОЖЕНИЕ Д (обязательное) ВЕЛИЧИНЫ СКО ИЗМЕРЕННЫХ РАССТОЯНИЙ ДЛЯ ТАХЕОМЕТРОВ LEICA TCR1201 И LEICA TCR405 В ПЕРВОЙ И ВО ВТОРОЙ ПОЗИЦИЯХ.....	88
ПРИЛОЖЕНИЕ Е (обязательное) РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА СМЕТЫ НА ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРОЧНЫХ РАБОТ.....	89

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время для метрологической аттестации применяется схема, в которой используются эталонные базисы, закрепленные на местности с помощью фундаментальных и рядовых пунктов, закладываемых в местах с благоприятными топографическими и гидрологическими условиями. Длины таких базисов не превышают 2 – 3 км. Измерения эталонных базисов производятся с помощью комплектов инварных проволок или светодальномерами. Поверку базисов осуществляется раз в год.

Размещение эталонных базисов осуществляется по территориальному принципу, то есть в каждой области или крае должен быть построен на местности один эталонных базис второго разряда. Исключением являются территории, незначительные по площади.

К недостаткам использования эталонных базисов можно отнести то, что их трудно поддерживать в надлежащем техническом состоянии, а также то, что не всегда удается своевременно и оперативно ими воспользоваться (например, в причину их удаленности). Также, в зимнее время года при значительных низких температурах достаточно проблематично проводить метрологическую аттестацию приборов на эталонных базисах.

В связи с вышеизложенными недостатками возникает потребность в создании новой технологической методики поверки светодальномеров (тахеометров) с использованием новых схем передачи единицы длины.

Целью выпускной квалификационной работы является выполнение разработки и исследование технологической аттестации тахеометров с применением передвижного базиса.

1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ АТЕСТАЦИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

1.1 Сущность терминов поверка, юстировка, аттестация. Эталоны

В начале работы необходимо дать определения таким терминам как поверка, юстировка и аттестация геодезических приборов, поскольку в ходе дальнейшей работы они будут часто фигурировать.

Согласно федеральному закону N 102-ФЗ [12] под поверкой средств измерений следует понимать определенную совокупность операций, которая выполняется для подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям. Классификация поверок представлена в ГОСТ 8.513-84 [4]. 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.

Рассмотрим понятие юстировки. Под юстировкой следует понимать совокупность мероприятий, направленных на приведения средства измерений в состояние, в котором оно будет правильно функционировать. Другими словами, весь процесс юстировки нацелен на устранение ошибок, которые были выявлены в результате проведения поверок.

Дадим определение аттестации. Согласно ГОСТ Р 8.568-2017 [5], под аттестацией следует понимать процедуру, в ходе которой определяются точностные характеристики оборудования, их соответствие требованиям нормативно-технической документации и устанавливается пригодность этого оборудования к эксплуатации. В этом же документе указаны следующие виды аттестации:

– первичная аттестация, в рамках которой экспериментально находятся технические характеристики прибора, и подтверждается его пригодность к эксплуатации;

– периодическая аттестация, которую проводят уже в процессе эксплуатации прибора в том объеме, который необходим для подтверждения того, что характеристики прибора соответствуют требованиям нормативных документов;

– повторная аттестация, которую проводят в случаях, если прибор отдавали в ремонт, или производилась модернизация оборудования.

Подводя итог всему вышеперечисленному, можно заметить взаимосвязь всех трех процессов. В процессе поверки выявляются погрешности работы геодезического прибора. На этапе юстировке выявленные погрешности устраняются. И на этапе аттестации закрепляется пригодность прибора к эксплуатации.

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 [6] 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. Под этим свойством понимается, что 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.

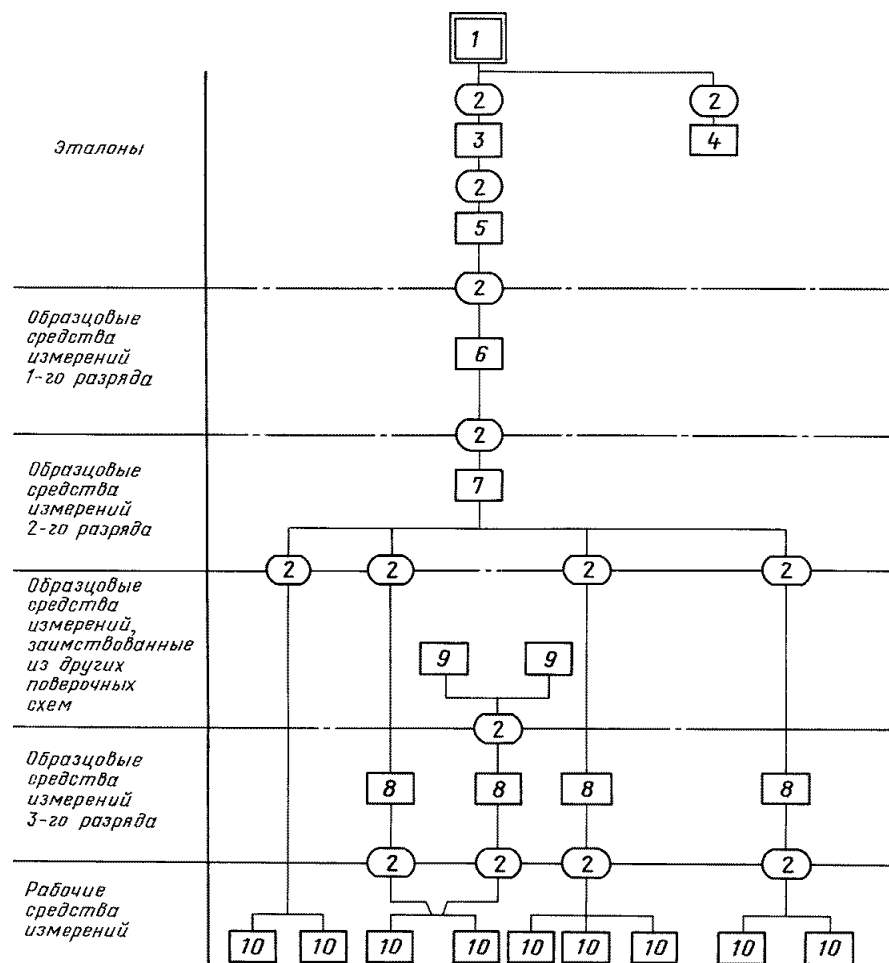
Порядок передачи единицы какой-либо величины от более точного эталона к менее точному эталону обязательно регламентируется поверочной схемой. Согласно ГОСТ 8.061-80 [2], поверочные схемы бывают следующих видов:

- 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. Пример 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 1 – Поверочная схема

1.2 Методика поверки угломерных приборов

Основным геодезическим инструментом для определения горизонтальных и вертикальных углов является теодолит, поэтому он и будет взят в качестве образца, на основе которого будут рассмотрены и описаны основные поверки угломерных приборов.

Содержание поверочных работ для теодолита, согласно учебнику «Поверка геодезических приборов» [7], представлено в таблице 1.

Таблица 1

Содержание поверочных работ	Методы и средства поверки
Поверка внешнего состояния и комплектности	Визуальный осмотр
Оценка работоспособности подвижных частей	Опробование
Определение средней квадратической ошибки измерения горизонтального угла	Автоколлиматоры по ГОСТ 11899—77 или коллиматоры с ≥ 350 мм или коллиматор УК-1
Определение средней квадратической ошибки измерения вертикального угла	То же
Определение ошибок диаметров горизонтального круга	Автоколлиматор по ГОСТ 11899—77, многогранные призмы I разряда по ГОСТ 2875—75, коллиматоры с ≥ 350 мм

Продолжение таблицы 1

Содержание поверочных работ	Методы и средства поверки
Определение коэффициента нитяного дальномера	Эталонный базис или теодолиты по ГОСТ 10529—79
Определение цены деления окулярного микрометра	Автоколлиматоры по ГОСТ 11899—77
Определение рена отсчетной системы	Многократные измерения по шкале
Определение ошибки за смещение визирной оси при перефокусировке зрительной трубы	Визирные марки, автоколлиматоры по ГОСТ 11899—77
Определение эксцентриситета вертикального круга	Автоколлиматоры по ГОСТ 11899—77
Определение коллимационной ошибки	Измерение направлений на визирную цель
Определение места нуля вертикального круга	То же

В ходе поверки внешнего состояния и комплектности теодолита осуществляется визуальный осмотр прибора, выявляются механические или оптические дефекты, которые могут мешать эксплуатации прибора. Комплектность теодолита проверяют методом сравнения с комплектом, который указан в паспорте прибора.

В ходе оценки работоспособности подвижных частей выполняется опробование, которое должно выявить люфты и неплавности хода подвижных частей.

Определение средней квадратической ошибки измерения горизонтального угла можно осуществить двумя способами. Косвенно ее можно найти на основе

частных значений инструментальных ошибок. Непосредственно ее можно найти по результатам измерений углов необходимым числом приемов. Первый способ трудоемок и сложен, поскольку требует наличие образцовых средств контроля. Второй способ менее затратный по времени и не требует дополнительных технических средств.

В условиях лаборатории, горизонтальный угол образуют направлениями на вертикальные нити автоколлиматора или коллиматор УК-1. Внешний вид коллиматора УК-1 представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Коллиматор УК-1

Для осуществления данной поверки обычно берут две визирные цели. Угол между этими целями стараются выставить в пределах $90 \pm 30^\circ$, разность между вертикальными углами визирных целей не должна быть менее $20 - 25^\circ$. Для осуществления поверки выполняется серия измерений по двенадцать приемов,

каждый прием должен состоять из двух полуприемов. Между каждым приемом необходимо переставлять лимб на 15° . Погрешность прибора при измерении горизонтального угла можно также получить по величине уклонения от 360° суммы трех углов $B_1 B_2 B_3$, образующих замкнутый контур.

Для определения средней квадратической ошибки измерения вертикальных углов можно использовать три автоколлиматора или коллиматор УК-1. Если автоколлиматоры отсутствуют, можно использовать зрительные трубы теодолитов, но только в том случае, что их фокусное расстояние больше фокусного расстояния поверяемого теодолита в два раза.

В ходе определения ошибок диаметров горизонтального круга выявляется отклонение фактического положения штрихов лимба от теоретического их положения. Осуществляется поверка с помощью контрольного угла.

Определение коэффициента нитяного дальномера проще всего осуществить по результатам измерений на контрольном базисе.

Цену деления окулярного микрометра обычно определяют путем измерения направлений на бесконечно удаленную цель, которую обычно создают сеткой нитей коллиматора. Измерения осуществляются четырьмя приемами с перестановкой лимба и одновременным изменением установки шкалы оптического микрометра.

Определение рена отсчетной системы микрометра обычно осуществляют путем сопоставления угловой меры его шкалы с величиной изображения наименьшего деления круга.

Определение ошибки за смещение визирной оси при перефокусировке зрительной трубы определяют по разности коллимационной погрешности и места нуля для конечных расстояний и бесконечности, то есть осуществляют измерения по азимуту и по высоте.

Определение эксцентриситета вертикального круга для теодолитов с односторонним отсчетом производят с применением двух коллиматоров, направление визирных осей которых задает нулевой угол наклона. Теодолит устанавливают соосно с ними и производят четыре приема измерений, каждый

из которых состоит из двух наведений. Первое наведение осуществляется на горизонтальную нить первого коллиматора, второе соответственно на нить второго. При этом делаются отсчеты по вертикальному кругу теодолита.

Определение коллимационной ошибки осуществляется не менее трех приемов измерений при двух положениях круга. Отсчеты берутся по горизонтальному кругу

Определение места нуля вертикального круга теодолита осуществляется аналогично с определением коллимационной ошибки, но отсчеты берутся по вертикальному кругу.

1.3 Методика поверки приборов для измерения превышений

В качестве основного прибора для измерения превышений в геодезии используется нивелир, поэтому на его примере и будут рассмотрены основные поверки.

Содержание поверочных работ для нивелира, согласно учебнику «Поверка геодезических приборов» [7], представлено в таблице 2.

Таблица 2

Содержание поверочных работ	Методы и средства поверки
Поверка внешнего вида и технического состояния	Визуальный осмотр
Оценка работоспособности прибора	Опробование
Определение цены деления шкалы оптического микрометра	Линейка с ценой деления шкалы 0,5 – 1,0 мм

Продолжение таблицы 2

Содержание поверочных работ	Методы и средства поверки
Определение угла i	Полевой базис; автоколлиматор АК-0,25 или АК-0,5
Определение ошибки в превышениях, вызванной неправильной работой фокусирующего устройства	Полевой высотный базис
Поверка работы компенсатора	Автоколлиматор АК-0,25 или АК-0,5; экзаменатор с ценой деления измерительного винта до 5"; полевой высотный базис
Определение средней квадратической ошибки превышения на станции	Полевой высотный базис
Определение средней квадратической ошибки превышения на 1 км хода	Высотный полигон

Поверка внешнего вида и технического состояния осуществляется визуально, определяется наличие повреждений, которые могут повлиять на качество измерений.

Оценка работоспособности прибора осуществляется опробованием, в ходе которого проверяется плавность и легкость вращения подвижных частей, качество изображения сетки нитей, отсчетных систем, объектов и т.д.

Определение цены деления шкалы оптического микрометра осуществляется в лабораторных условиях с применением линейки, деления которой являются

миллиметровыми или близкими к таковым. Для получения точного значения наименьшего деления шкалы линейки производится ее компарирование с применением компаратора, внешний вид которого представлен на рисунке 3.

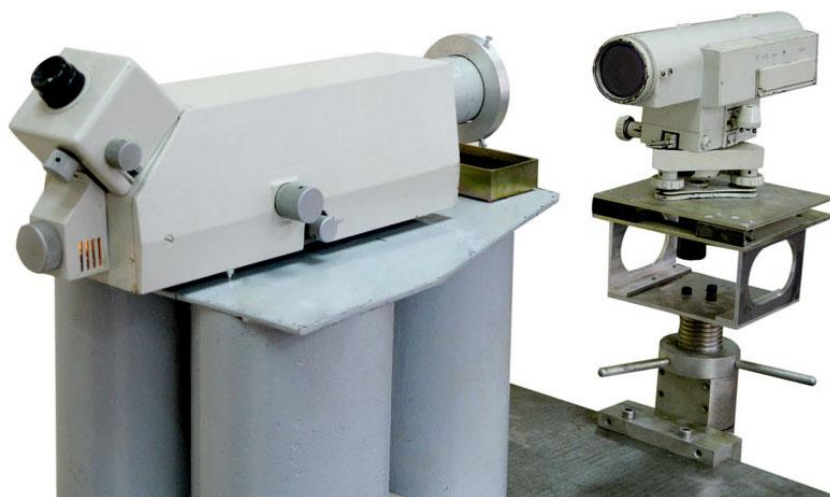


Рисунок 3 – Компаратор

Для осуществления поверки линейку устанавливают вертикально на расстоянии около пяти метров от поверяемого нивелира, а затем измеряют интервалы делений линейки. Измерения осуществляют шестью приемами, каждый из которых состоит из прямого и обратного ходов. Между приемами незначительно, на 50 – 70 мм, меняют высоту прибора.

Определение угла i в полевых условиях осуществляется путем двойного нивелирования, превышение между двумя точками измеряют дважды, с разных точек стояния прибора. В лабораторных условиях угол i можно определить с помощью коллиматорного метода. Нивелир ставят вблизи коллиматора таким образом, чтобы объективы их зрительных труб смотрели друг на друга. Зрительные трубы должны быть отфокусированы на бесконечность. Несовмещение изображений средних нитей дает нам значение угла i .

Ошибка измерения превышений, вызванная неправильной работой фокусирующего устройства, определяется для тех ситуаций, когда невозможно соблюсти равенство плеч в нивелирном ходе. Данная ошибка находится через контрольные измерения на полевом базисе.

Проверка работы компенсатора в лабораторных условиях осуществляется на экзаменаторе с ценой деления измерительного винта не более 0.5", и с помощью автоколлиматора типа АК-05 по ГОСТ 11899-77. Внешний вид автоколлиматора АК-05 представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Автоколлиматор АК-0,5

В полевых условиях систематическую погрешность компенсатора можно определить по превышениям, полученным на станции при разной длине визирного луча.

Средняя квадратическая ошибка определения превышений на станции определяется путем многократных измерений превышения между двумя точками. Измерения осуществляют по двум шкалам реек. Длина визирного луча зависит от класса поверяемого прибора и составляет от тридцати до пятидесяти метров для высокоточных нивелиров и сто метров для точных и технических нивелиров.

Средняя квадратическая ошибка определения превышения на один километр хода определяется по результатам проложения контрольных нивелирных ходов на полигоне.

Перейдем к поверкам нивелирных реек. Содержание поверочных работ и средств поверки представлено в таблице 3.

Таблица 3

Содержание поверочных работ	Средства поверки и их технические характеристики	Тип рейки
Поверка внешнего вида и технического состояния	Визуальный осмотр и опробование	Все типы
Поверка совмещения нулевого отсчета основной шкалы рейки с пяткой и нулевого штриха основной шкалы подвесных реек с центром отверстия	Штангенрейсмас по ГОСТ 164—73 и поверочная линейка типа ШП-2-400 (ГОСТ 8026—75) Штриховая мера Гдлины IV типа с ценой деления 0,2 мм по всей длине (ГОСТ 12069—66)	РН-05 РН-3, РН-10
Определение отсчета, соответствующего пятке рейки, по дополнительной шкале	Штриховая мера длины IV типа с ценой деления 0,2 мм	РН-3, РН-10

Продолжение таблицы 3

Содержание поверочных работ	Средства поверки и их технические характеристики	Тип рейки
Поверка длины любого наименьшего интервала шкалы рейк	Инструментальный микроскоп типа ММИ или БМИ (ГОСТ 8074—71); лупа измерительная ЛИ (ГОСТ 8309—75) Штриховая мера длины IV типа с ценой деления 0,2 мм по всей длине (ГОСТ 12069—66)	РН-05 РН-3, РН-10
Определение длины метровых интервалов и определение средней длины метра пары реек	Оптико-механический компаратор с базой 1000 мм и штриховая мера длины II типа 0—2 классов (ГОСТ 12069—66) Штриховая мера длины IV типа с ценой деления 0,2 мм (ГОСТ 12069—66)	РН-05 РН-3, РН-10

Поверка внешнего вида и опробование осуществляется визуально. В ходе поверки оценивают соответствие шкал и подписей делений рейки, отсутствие дефектов, качество штрихов, закрепление пятки на торце. При опробовании проверяют надежность креплений, уровень рейки и т.д.

Совмещение нулевого отсчета основной шкалы реек типа РН-05 с пяткой рейки поверяют штангенрейсмасом и поверочной линейкой. Внешний вид штангенрейсмаса представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Штангенрейсмас

Для осуществления поверки рейку устанавливают в вертикальном положении на широкой поверхности линейки, и от ее плоскости измеряют три-четыре штриха основной шкалы. Штрихи выбираются произвольные. Поверочную линейку устанавливают в горизонтальное положение с помощью накладного уровня.

Поверку длины наименьших интервалов реек типа РН-05 в процессе эксплуатации осуществляют с помощью измерительной лупы ЛП по ГОСТ 8309-75. Длину наименьших интервалов шкал реек типа РН-3 и РН-10 поверяют с помощью штриховой меры длины IV типа.

Поверку длины метровых интервалов основной и дополнительной шкал реек типа РН-05 проводят на оптико-механическом компараторе, обеспечивающем

определение длины с погрешностью, не превышающей 10 мкм. Длину метровых интервалов основной и дополнительной шкал подвесных реек, входящих в комплект реек типа РН-05, а также реек типов РН-3 и РН-10, поверяют с помощью штриховой меры длины IV типа. Измерения проводят по дециметровым штрихам шкалы.

1.4 Методика поверки дальномеров

Наибольший интерес для работы представляют способы поверки дальномеров. Но перед тем как перейти к описанию поверок, уточним, о каких именно дальномерах будет идти речь.

По принципу действия дальномеры можно разделить на светодальномеры и радиодальномеры. Светодальномеры представляют из себя оптические приборы для измерения расстояний при помощи светового луча. Принцип действия светодальномера заключается в том, что от источника света через модулятор электромагнитные волны передаются на отражатель, установленный в точке, до которой измеряют расстояние. От отражателя электромагнитные волны возвращаются к приемному устройству, совмещенному с передающим.

Отметим, что светодальномеры подразделяются на фазовые и импульсные светодальномеры.

Импульсный светодальномер – определяет расстояние по времени прохождения лучом измеряемого расстояния. Принцип действия представлен на рисунке 6.



Рисунок 6 – Принцип действия импульсного светодальномера

Фазовый светодальномер – определяет расстояние по разности фаз излучаемого и принятого луча. Принцип действия представлен на рисунке 7.

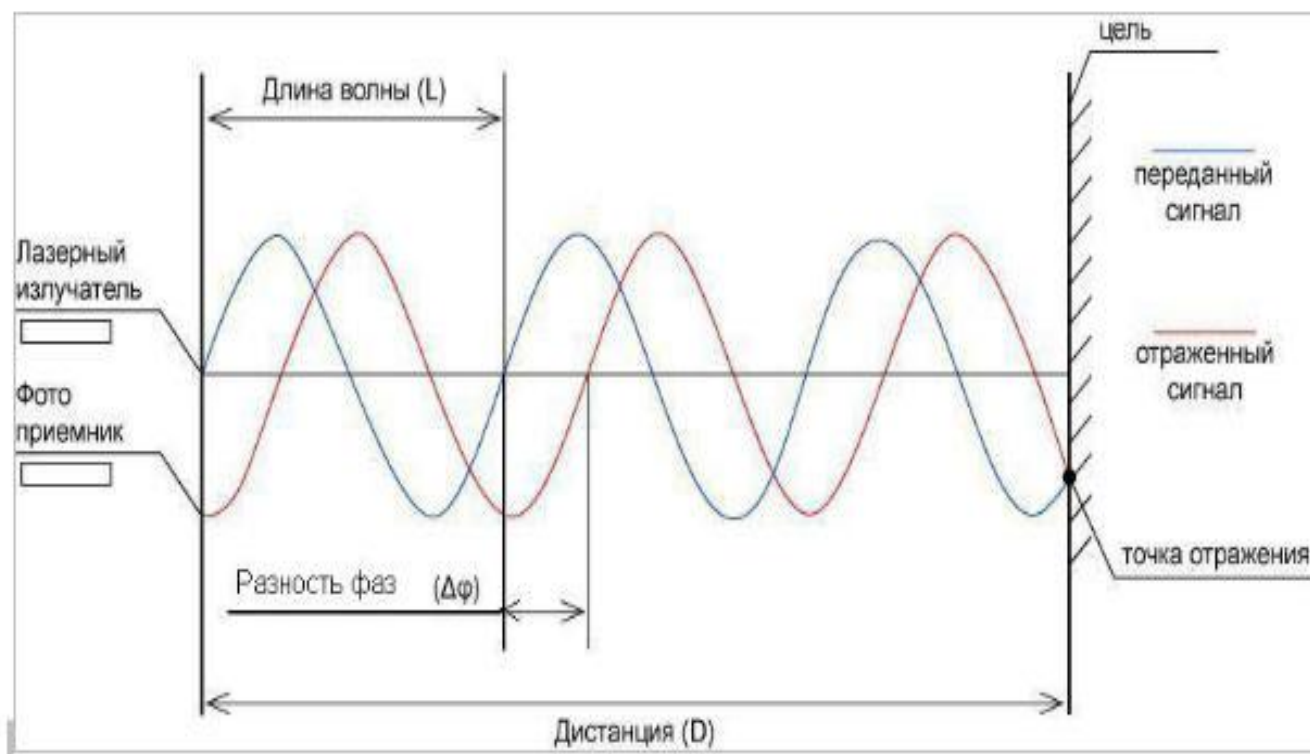


Рисунок 7 – Принцип действия фазового светодальномера

Принцип действия радиодальномеров схож с тем, на котором базируются светодальномеры. Радиодальномер состоит из двух приемопередающих радиостанций, которые размещаются на пунктах, расстояние между которыми необходимо найти. Радиостанции снабжены устройствами для измерения времени прохождения радиосигналов от одного пункта до другого. Преимуществом радиодальномеров является то, что они способны работать при любых метеорологических условиях, кроме сильного дождя, и практически в любое время суток. Недостатком радиодальномеров является меньшая точность и возможность получения ошибочных результатов измерений из-за особенностей рельефа.

От типа дальногомера зависит содержание поверочных работ. Общее содержание поверочных работ для всех типов дальномеров представлено в таблице 4.

Таблица 4

Содержание поверочных работ	Методы и средства поверки	Тип дальногомера
Проверка внешнего состояния и комплектности	Визуальный осмотр	Все типы
Проверка функционирования отдельных элементов и узлов прибора	Опробование	Все типы
Определение ошибки измерений в пределах фазового цикла	Измерение образцового базиса короткой длины	Светодальноммеры всех типов
Определение постоянной поправки прибора	Измерение базиса	Все типы
Контроль масштабной частоты	Контроль частоты с помощью частотомера	Все типы
Определение вариаций показаний точных отсчетов в диапазоне перестройки частот	Измерение полевого базиса длиной 0,5 – 5 км	Радиодальноммеры всех типов
Определение средней квадратической ошибки измерений	Полевой аттестованный базис, содержащий 4 – 6 интервалов заданной длины. Образцовый дальномер	Все типы

Поверка внешнего состояния производится визуально, в ходе поверки проверяется отсутствие внешних повреждений.

Поверка функционирования прибора и его узлов осуществляется опробованием. Проверяются источники питания, выходное напряжение, приемопередатчики, плавность и легкость хода винтов.

Контроль масштабной частоты осуществляют с помощью частотомера, который подключается к приемопередатчику.

Определение ошибки фазового цикла необходимо для выявления ошибки отсчетного устройства прибора через малые интервалы его шкалы в пределах фазового цикла. По своей сути, эта работа напоминает собой исследование шкалы оптического микрометра теодолита. Также для ее нахождения можно использовать образцовые фазометры.

Определение постоянной поправки прибора можно осуществить несколькими способами, такими как:

- с помощью контрольного базиса;
- с помощью измерения нескольких длин, расположенных в одном створе, во всех комбинациях;
- по конструктивным данным;
- путем измерения короткого интервала известной длины, который находится в пределах фазового цикла;
- путем измерения нескольких длин, известных с заданной точностью.

Поверка средней квадратической ошибки измерений осуществляется на контрольном базисе. Необходимо произвести несколько измерений длин линий на базисе. Погрешность эталонного значения длины базиса в данном методе должна быть в два-три раза меньше погрешности поверяемого светодальномера.

Отдельно следует рассмотреть дальномеры с двойным изображением. В таких дальномерах при помощи особого дополнительного оптического устройства в зрительной трубе получается сразу два изображения одной и той же рейки, причем изображения смещены относительно друг друга. Величина смещения зависит расстояния между рейкой и дальномером, и таким образом расстояние и

определяется. Содержание поверочных работ для таких приборов представлено в таблице 5.

Таблица 5

Содержание поверочных работ	Методы и средства поверки
Внешний осмотр и поверка работоспособности подвижных частей	Осмотр и опробирование
Определение постоянных дальномера	Эталонный базис
Определение средней квадратической ошибки измерения расстояний	Эталонный базис
Определение цены деления рейки	Штриховая мера IV класса по ГОСТ 12069—66
Определение цены деления отсчетного устройства	—

Внешний осмотр осуществляется визуально, в целях оценки состояния прибора, выявления повреждений деталей. Поверка подвижных частей осуществляется путем опробования, проверяется мягкость и плавность хода.

Определение постоянных дальномера осуществляется при помощи эталонного базиса.

Определение средней квадратической ошибки измерения расстоянии также осуществляется с помощью полевого базиса. Измеряется шесть интервалов базиса, каждый интервал измеряется не менее шести раз в прямом и обратном направлениях.

Определение цены рейки осуществляется с помощью штриховой меры IV класса по ГОСТ 12069-66.

Определение цены деления отсчетного устройства осуществляется с помощью микроскопа.

В качестве средств измерения расстояния также могут выступать рулетки и землемерные ленты. Поверочные работы и методы со средствами поверки для измерительных рулеток представлены в таблице 6.

Таблица 6

Содержание поверочных работ	Методы и средства поверки	Класс, разряд рулетки
Поверка внешнего вида и технического состояния	Визуальный осмотр и опробование	1-й, 2-й, 3-й
Поверка общей длины рулетки и длины отдельных интервалов ее шкалы	На механическом компараторе с помощью образцовой ленты 2-го разряда или образцового штрихового метра 1-го разряда	Образцовые 3-го разряда, рабочие 1-го класса
Поверка общей длины рулетки и длины отдельных интервалов ее шкалы	На механическом компараторе с помощью образцовой ленты 3-го разряда	Рабочие 2-го и 3-го классов

Поверку внешнего вида и технического состояния рулетки проводят путем визуального осмотра и опробования.

Поверка длины рулетки проводится, в зависимости от класса рулетки, либо на компараторе, либо с применением образцовой ленты. Измерительная рулетка первого класса поверяется на компараторе. Измерительные рулетки второго и третьего классов поверяются по образцовой ленте.

Содержание поверочных работ и используемые методы и средства для проверки землемерных лент представлены в таблице 7.

Таблица 7

Содержание поверочных работ	Методы и средства проверки
Поверка внешнего вида	Визуальный осмотр
Поверка качества сборки	Опробование
Поверка общей длины ленты	На механическом компараторе с помощью образцовой ленты 3-го разряда; на полевом базисе

Поверка внешнего вида аналогична проверке внешнего вида рулетки.

Поверка качества сборки осуществляется путем проверки легкости и плавности скручивания и раскручивания ленты, прочности деталей, надежности фиксации.

Поверку общей длины землемерной ленты осуществляют путем сличения с образцово лентой третьего разряда на компараторе. Пример проверки землемерной ленты представлен на рисунке 8.

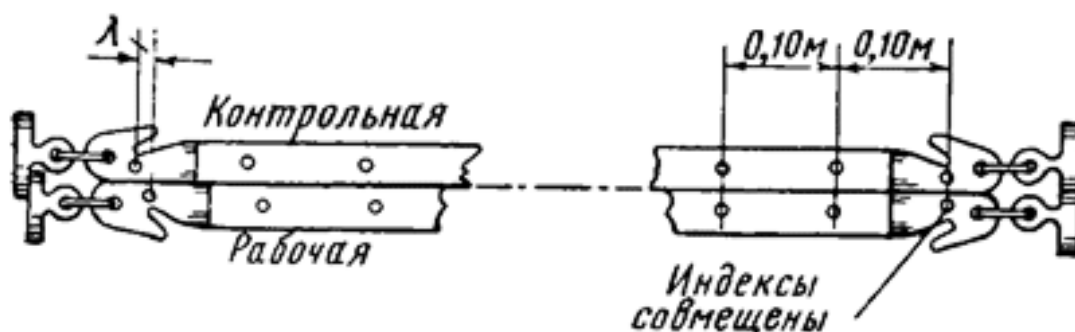


Рисунок 8 – Поверка землемерной ленты

1.5 Методика аттестации эталонных базисов

Согласно СТО-02570823-19-05 [9], под эталонным линейным базисом следует понимать 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. Эталонные базисы делятся на следующие виды:

– 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 два сантиметра при расстоянии до четырехсот восьмидесяти метров и пять сантиметров при расстояниях до полутора километров;

– 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;

– 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.

Приборы, используемые при метрологической аттестации линейных базисов, представлены в таблице 8.

Таблица 8

Наименование, тип прибора	Изготовитель	Диапазон измерений	Средняя квадратическая погрешность измерений, мм
ИПЛ-30 К1 измеритель перемещений лазерный	Россия, Новосибирский приборостроительный завод им В.И. Ленина	0 – 30 м	$0,1 * 10^{-6} \cdot D$
ИПЛ-МП измеритель перемещений лазерный	Россия, Новосибирский приборостроительный завод им В.И. Ленина	0 – 60 м	$0,1 * 10^{-6} \cdot D$
Светодальномер МЕКОМЕТР ME5000	Швейцария («Керн»)	1 м – 8,0 км	$0,2 + 0,2 * 10^{-6} \cdot D$
Светодальномер СП2 «ТОПАЗ»	Россия, УОМЗ	0,5 – 2,0 км	$1 + 1 * 10^{-6} \cdot D$
Базисный прибор БП-1	Россия, ЭОМЗ	0 – 12 км	$1,0 * 10^{-6} \cdot D$
Электронный тахеометр Elta S10	Карл Цейс Иена	2 м – 3,5 км	$1 + 2,0 * 10^{-6} \cdot D$

Помимо вышеперечисленного важно также отметить следующее:

– 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. Измерения производятся по методике - МИ БГЕИ 34-00;

– 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 EltaS10, либо одним светодальномером - Мекометр МЕ 5000. Измерения производятся в соответствии с методикой – МИ БГЕИ 30-94;

– 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.

2 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ АТТЕСТАЦИИ ТАХЕОМЕТРОВ С ПОМОЩЬЮ ПЕРЕДВИЖНОГО БАЗИСА

2.1 Основные определяемые метрологические характеристики тахеометра

Согласно ГОСТ 21830-76 [1], под тахеометром следует понимать геодезический прибор, предназначенный для измерения горизонтальных и вертикальных углов, длин линий и превышений.

Рассмотрим устройство электронного тахеометра, при этом следует отметить в нем три составные части:

- оптическая;
- механическая;
- электронная.

Также следует отметить четыре системы, которые взаимодействуют между собой:

- система ориентирования;
- система наведения;
- система выполнения измерений;
- система управления и организации всех геодезических процессов

измерений, вычислений.

К системе ориентирования относятся геометрия осей взаимосвязанных элементов, механических узлов, уровней (горизонтального, круглого, электронного), отвесных приспособлений, компенсаторов, а также механизмы крепления.

К системе наведения принадлежат зрительная труба с подвижной оптической системой внутри нее и механизмами крепления и наведения.

К измерительной системе можно причислить устройства горизонтального и вертикального кругов с системой отсчитывания по лимбам и цифрового

преобразования угловых значений, светодальномерное устройство с механизмами измерения и вычисления линейных величин.

В систему управления входят рабочая панель с экранным дисплеем, электронно-вычислительное и программное обеспечение, позволяющее выбирать необходимые режимы задач и управления ими.

На примере электронного тахеометра японской фирмы SOKKIA марки SET530RK3 рассмотрим детали и узлы данного типа приборов. Внешний вид прибора представлен на рисунке 9.



Рисунок 9 – Внешний вид электронного тахеометра

Приведем расшифровку числовым обозначениям на рисунке 9:

- закрепительный винт горизонтального круга (1);
- микрометрический винт горизонтального наведения (2);

- закрепительный винт вертикального круга (3);
- микрометрический винт вертикального наведения (4);
- панель клавиатуры для набора данных в цифровом и буквенном виде (5);
- экран дисплея для визуального вывода всех данных (6);
- ампула цилиндрического уровня для горизонтирования прибора (7);
- исправительные винты для юстировки цилиндрического уровня (8);
- окуляр (9);
- фокусировка окуляра (10);
- фокусировка зрительной трубы (11);
- визирное устройство (12);
- светодиодный индикатор импульса (13);
- винты для крепления верхней рукоятки (14);
- рукоятка, служащая для переноски инструмента (15);
- место крепления буссоли (16);
- защелка аккумуляторного отделения (17);
- аккумуляторное отделение (18);
- подставка тахеометра (19);
- подъемные винты для приведения прибора в рабочее положение (20);
- разъем для присоединения внешних устройств питания (21);
- разъем подсоединения кабеля для передачи файлов (22);
- круглый уровень для приведения оси инструмента в отвесное состояние (23);
- исправительные винты для юстировки круглого уровня и приведение его в работоспособное состояние (24);
- пластина основания подставки инструмента (25);
- закрепительная защелка подставки (26);
- фокусировка нитяного центрира оптического отвеса (27);
- окуляр оптического отвеса (28);
- точка, соответствующая высоте инструмента (29);
- место инфракрасного излучения (31);

- объектив (30);
- точка центра (32).

Рассмотрим основные технические характеристики тахеометров. Независимо от производителя все электронные тахеометры имеют один спектр технических характеристик, имеющих определенные качественные отличия. Основными из них, которые необходимы для выбора соответствующего инструмента, считаются:

- размеры и увеличение зрительных труб;
- тип изображения, при котором, обычно, конструктивно заложено прямое изображение;
- диапазоны измерений расстояния;
- величины угловых ошибок измерений;
- диапазон работы автоматического компенсатора углов наклона;
- величины линейных ошибок измерений, зависящих от режимов измерений.

Помимо классических поверок геодезических угломерных приборов для тахеометра следует отметить следующие технологические поверки:

- лазерного отвеса;
- по определению постоянной поправки светодальномера;
- отвесности оси оптического отвеса;
- перпендикулярности горизонтальной оси и сетки нитей;
- горизонтального положения линии сетки нитей;
- по определению коллимационной ошибки;
- по определению места нуля компенсатора;
- отвесности оси круглого уровня;
- рабочего состояния цилиндрического уровня.

2.2 Анализ поверочной схемы для средств измерения длины

Для наших задач, необходимо рассмотреть поверочную схему, применяемую для средств измерения длины. Для этого воспользуемся ГОСТ 8.503-84 [3]. Согласно данному документу, государственная поверочная схема для средств

измерений длины в диапазоне 24-75 000 м выглядит следующим образом (рисунок 10).

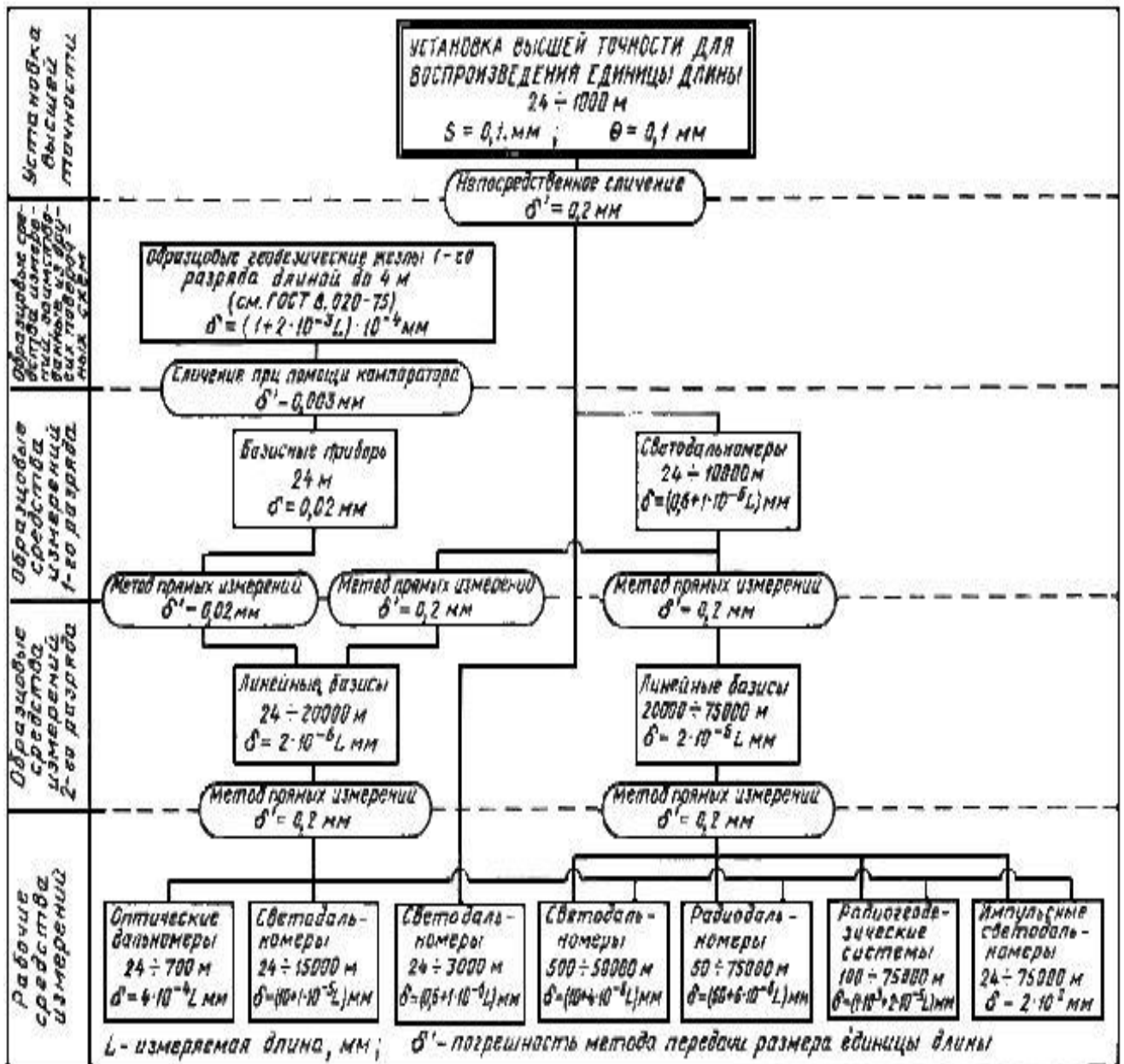


Рисунок 10 – Государственная поверочная схема для средств измерений длины в диапазоне 24 - 75 000 м

Установка высшего точности предназначена для воспроизведения и хранения единицы длины в диапазоне 24 – 1 000 м и передачи размера единицы при помощи образцовых средств измерений рабочим средствам измерений,

применяемым в народном хозяйстве с целью обеспечения единства измерений в стране.

В качестве образцовых средств измерений, заимствованных из других поверочных схем, применяют образцовые геодезические жезлы 1-го разряда длиной до 4 м по ГОСТ 8.020-75.

В качестве образцовых средств измерений 1-го разряда применяют светодальномеры в диапазоне измерений 24 – 10 000 м и базисные приборы до 24 м.

В качестве образцовых средств измерений 2-го разряда применяют комплекс линейных базисов в диапазоне измерений 24 – 75 000 м, снабженные аппаратурой контроля условий воспроизведения единицы длины и измерений среднеинтегрального значения группового показателя преломления воздуха.

В качестве рабочих средств измерений применяют оптические дальномеры с дальностью действия от 24 до 700 м, светодальномеры с дальностью действия от 24 до 15 000 м, светодальномеры с дальностью действия от 24 до 3 000 м, светодальномеры с дальностью действия от 500 до 50 000 м, радиодальномеры с дальностью действия от 50 до 75 000 м, радиогеодезические системы с дальностью действия от 100 до 75 000 м, импульсные светодальномеры с дальностью действия от 24 до 75 000 м.

Перейдем к рассмотрению принципиальной схемы создания мобильного базиса, которая заключается в том, что на каком либо из этапов передачи единицы длины, в качестве образцового средства измерений будет использоваться высокоточный светодальномер, точность измерения расстояний которого будет существенно превосходить аналогичную точность поверяемого прибора. Основной целью такой замены будет являться исключение необходимости поверки приборов с использованием линейных базисов, поскольку не всегда есть возможность своевременно выезжать на них или использовать в зимнее время года.

2.3 Разработка и исследование методики поверки тахеометра путем измерения одиночного расстояния

Принципиальная схема данной методики заключается в измерении одного и того же расстояния эталонным и поверяемым тахеометром. В связи с тем, что условия прохождения электромагнитных волн для обоих тахеометров будут практически одинаковы, то необходимость введения поправок за метеоусловия исключается.

В ходе проведения данной поверки следует также учитывать постоянную поправку дальномера. В общем виде она находится по формуле 1.

$$\Pi = \Delta_1 + \Delta_2 \quad (1)$$

где Δ_1 – постоянная дальномера, мм;

Δ_2 – постоянная поправка отражателя, мм.

Постоянная дальномера это поправка, которая вводится в связи с несовпадением оси вращения прибора и оси дальномера. Постоянная поправка отражателя возникает из-за конструктивных особенностей самого отражателя. Данная ошибка может иметь как знак «+», так и знак «-», в зависимости от положения точки отражения электромагнитной волны. Например, постоянная поправка отражателя тахеометров марки Trimble равна 35,00 мм, а у использованного в ходе поверки отражателя марки RGK Optima это значение равно – 30 мм [11].

В нашем случае, поскольку для проведения поверки будет использоваться один и тот же отражатель, удастся свести влияние величины Π на результаты измерений к минимуму.

Для осуществления данной поверки нам потребуются следующие инструменты и приборы:

– два тахеометра;

- два штатива;
- два груза, для придания штативам большей устойчивости;
- один отражатель с любой постоянной величиной C .

В качестве тахеометров были выбраны модели Leica TCR405, который будет выступать в качестве поверяемого прибора, и Leica TCR1201, который будет выступать в качестве эталонного прибора. Внешний вид тахеометра Leica TCR405 представлен на рисунке 11.



Рисунок 11 – Электронный тахеометр Leica TCR405

Технические характеристики тахеометра Leica TCR405 представлены в таблице 9.

Таблица 9

Наименование характеристики	Значение
Увеличение зрительной трубы	30х
СКО измерения угла	5"
СКО измерения расстояний	$\pm(2\text{мм}+2\text{мм})$
без отражателя $\pm(3\text{мм}+2\text{ppm})$	170 метров.
Дальность по 1 призме	до 7500 м
Память	18000 блоков данных
Клавиатура	4 функциональные клавиши
Влагозащита	IP 54
Диапазон температур	-20°C до +50° С
Вес	4,2 кг
Ввод/Вывод данных	RS-232
Пакет программ	Разбивка Съемка Вычисление площадей Обратная засечка Непреступное расстояние Определение высот Определение площади и объема

Внешний вид тахеометра Leica TCR1201 представлен на рисунке 12



Рисунок 12 – Leica TCR1201

Технические характеристики тахеометра Leica TCR1201 представлены в таблице 10.

Таблица 10

Наименование характеристики	Значение
Точность угловых измерений	1"
Компенсатор	двухосевой, $\pm 4'$
Дальность измерения на отражатель	3500 м (на отражатель GPR1), 2000 м (на отражатель GRZ4, GRZ122)
Точность линейных измерений на отражатель	отражатель 1 мм + 1.5 ppm
Дальность измерений без отражателя	1000 м

Продолжение таблицы 10

Наименование характеристики	Значение
Точность линейных измерений без отражателя	2 мм + 2 ppm
Увеличение зрительной трубы	30х
Клавиатура	буквенно-цифровая, цветной сенсорный дисплей, с одной стороны
Специальные устройства	целеуказатель, лазерный центрир
Память	Съемная CompactFlash
Время работы	до 8 часов (от одного аккумулятора GEB221)
Вес прибора, кг	5,2
Температурный диапазон работы	от -35°C до $+50^{\circ}\text{C}$
Защита о пыли и влаги	IP54
Стандартные прикладные программы	Установка, Съёмка, Вынос в натуру, Координатная геометрия (COGO), Работа с координатными системами, GNSS съёмка
Дополнительные прикладные программы	Площадное деление; Вынос по ЦММ; Мониторинг; Базисная линия; Опорная плоскость и Сканирование поверхности; Создание, измерение и вынос дорог; Создание, измерение и вынос ЖД; Создание, измерение и вынос тоннелей; Круговые приёмы; Съёмка поперечных сечений; Поверхности и объёмы; Скрытая точка; Теодолитный ход
Точность позиционирования SmartStation	10мм+10 ppm (в плане), 20мм+10ppm (по высоте)

Штативы были выбраны деревянные, раздвижные, с круглой площадкой увеличенного размера. Внешний вид штатива представлен на рисунке 13.



Рисунок 13 – Внешний вид штатива

В качестве отражателя был использован отражатель RGK Optima. Внешний вид отражателя представлен на рисунке 14.



Рисунок 14 – Отражатель RGK Optima

Технические характеристики отражателя RGK Optima представлены в таблице 11.

Таблица 11

Наименование характеристики	Значение
Винтовая резьба крепления	5/8"
Диаметр призмы	D = 64 мм
Поправочный коэффициент	K= -30 мм/0мм

Перейдем к описанию методики поверки. Для ее осуществления устанавливается два штатива, *a* и *b*. Расстояние между штативами может быть произвольным, главное, чтобы оно позволяло произвести измерение длины корректно (была возможность точного наведения на центр призмы). Расположение штативов должно быть таким, чтобы между ними была прямая видимость. В ходе поверки ножки штативов, для большей устойчивости, были установлены в щели между плитками кафеля (рисунок 15).



Рисунок 15 – Установка штативов

Также, для каждого штатива были использованы дополнительные грузы, для придания им большей устойчивости (рисунок 16).



Рисунок 16 – Использование груза для придания штативу большей устойчивости

После установки штативов, на штатив *b* устанавливаем отражатель, а на штатив *a* устанавливаем эталонный прибор, в нашем случае это будет Leica TCR1201. Затем прибор приводится в рабочее положение, устанавливается режим съемки с использованием отражателя и производится измерение расстояния 10-ю циклами, по 15 приемов в каждом цикле. По окончании выполнения измерений тахеометр Leica TCR1201 вынимается из трегера и на его место устанавливается тахеометр Leica TCR405. Установив режим съемки с использованием отражателя, также производится 10 циклов измерения расстояния, по 15 приемов в цикле.

Схема осуществления поверки с помощью двух штативов представлена на рисунке 17.

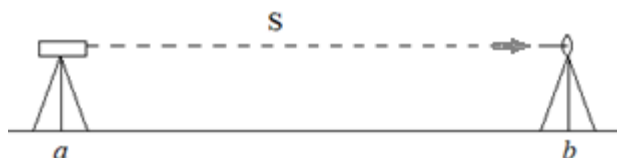


Рисунок 17 – Схема поверки тахеометра с применением двух штативов

Обработка результатов измерений выполняется в несколько этапов. Для начала, в каждом цикле измерений вычисляется среднее значение измеренного расстояния. Затем вычисляется величина отклонения измеренных в цикле расстояний от полученного среднего расстояния в цикле. Полученные величины отклонений используется для определения величины СКО по формуле Бесселя (формула 2).

$$m = \pm \sqrt{\frac{|\delta^2|}{n-1}} \quad (2)$$

Результаты измерения расстояния тахеометром Leica TCR1201 и величины средних расстояний в цикле представлены в таблице 12. Величины отклонений измеренных расстояний от среднего для тахеометра Leica TCR1201 представлены в таблице 13. Результаты измерения расстояния тахеометром Leica TCR405 и величины средних расстояний в цикле представлены в таблице 14. Величины отклонений измеренных расстояний от среднего для тахеометра Leica TCR405 представлены в таблице 15.

Величины СКО измеренных расстояний для тахеометра Leica TCR1201 представлены в таблице 16. Величины СКО измеренных расстояний для тахеометра Leica TCR405 представлены в таблице 17.

Таблица 12

Измеренные прибором Leica TCR1201 расстояния, (м)					
Номер приема	Номер цикла				
	1	2	3	4	5
1	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
2	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
3	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
4	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
5	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
6	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
7	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
8	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
9	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
10	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
11	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
12	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
13	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
14	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
15	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
Среднее значение	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715

Продолжение таблицы 12

Измеренные прибором Leica TCR1201 расстояния, (м)					
Номер приема	Номер цикла				
	6	7	8	9	10
1	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
2	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
3	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
4	105,715	105,715	105,715	105,715	105,716
5	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
6	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
7	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
8	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
9	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
10	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
11	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
12	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
13	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
14	105,715	105,715	105,715	105,716	105,715
15	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
Среднее значение	105,715	105,715	105,715	105,71507	105,71507

Таблица 13

Величины отклонений измеренных расстояний от среднего для тахеометра Leica TCR1201, (мм)					
Номер приема	Номер цикла				
	1	2	3	4	5
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
12	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
13	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Продолжение таблицы 13

Величины отклонений измеренных расстояний от среднего для тахеометра Leica TCR1201, (мм)					
Номер приема	Номер цикла				
	6	7	8	9	10
1	0,000	0,000	0,000	0,070	0,070
2	0,000	0,000	0,000	0,070	0,070
3	0,000	0,000	0,000	0,070	0,070
4	0,000	0,000	0,000	0,070	-0,930
5	0,000	0,000	0,000	0,070	0,070
6	0,000	0,000	0,000	0,070	0,070
7	0,000	0,000	0,000	0,070	0,070
8	0,000	0,000	0,000	0,070	0,070
9	0,000	0,000	0,000	0,070	0,070
10	0,000	0,000	0,000	0,070	0,070
11	0,000	0,000	0,000	0,070	0,070
12	0,000	0,000	0,000	0,070	0,070
13	0,000	0,000	0,000	0,070	0,070
14	0,000	0,000	0,000	-0,930	0,070
15	0,000	0,000	0,000	0,070	0,070

Таблица 14

Измеренные прибором Leica TCR405 расстояния, (м)					
Номер приема	Номер цикла				
	1	2	3	4	5
1	105,716	105,717	105,718	105,717	105,717
2	105,717	105,717	105,717	105,717	105,717
3	105,717	105,717	105,717	105,717	105,717
4	105,717	105,717	105,718	105,717	105,717
5	105,717	105,717	105,717	105,717	105,717
6	105,717	105,717	105,717	105,717	105,717
7	105,717	105,717	105,717	105,717	105,717
8	105,718	105,717	105,717	105,718	105,718
9	105,718	105,717	105,717	105,717	105,717
10	105,717	105,717	105,717	105,717	105,717
11	105,716	105,717	105,717	105,717	105,717
12	105,716	105,717	105,717	105,717	105,717
13	105,716	105,717	105,717	105,717	105,717
14	105,716	105,717	105,717	105,717	105,717
15	105,716	105,717	105,717	105,718	105,717
Среднее значение	105,71673	105,717	105,71713	105,71713	105,71707

Продолжение таблицы 14

Измеренные прибором Leica TCR405 расстояния, (м)					
Номер приема	Номер цикла				
	6	7	8	9	10
1	105,718	105,717	105,717	105,717	105,717
2	105,717	105,717	105,717	105,717	105,717
3	105,717	105,717	105,717	105,718	105,717
4	105,717	105,717	105,717	105,717	105,718
5	105,717	105,717	105,717	105,717	105,717
6	105,717	105,717	105,718	105,717	105,717
7	105,717	105,717	105,717	105,717	105,717
8	105,717	105,717	105,717	105,717	105,717
9	105,717	105,717	105,717	105,717	105,717
10	105,717	105,717	105,717	105,717	105,717
11	105,717	105,717	105,717	105,717	105,717
12	105,717	105,717	105,717	105,717	105,717
13	105,717	105,717	105,717	105,717	105,717
14	105,717	105,717	105,717	105,717	105,717
15	105,717	105,717	105,717	105,717	105,717
Среднее значение	105,71707	105,717	105,71707	105,71707	105,71707

Таблица 15

Величины отклонений измеренных расстояний от среднего для тахеометра Leica TCR405, (мм)					
Номер приема	Номер цикла				
	1	2	3	4	5
1	0,730	0,000	-0,870	0,130	0,070
2	-0,270	0,000	0,130	0,130	0,070
3	-0,270	0,000	0,130	0,130	0,070
4	-0,270	0,000	-0,870	0,130	0,070
5	-0,270	0,000	0,130	0,130	0,070
6	-0,270	0,000	0,130	0,130	0,070
7	-0,270	0,000	0,130	0,130	0,070
8	-1,270	0,000	0,130	-0,870	-0,930
9	-1,270	0,000	0,130	0,130	0,070
10	-0,270	0,000	0,130	0,130	0,070
11	0,730	0,000	0,130	0,130	0,070
12	0,730	0,000	0,130	0,130	0,070
13	0,730	0,000	0,130	0,130	0,070
14	0,730	0,000	0,130	0,130	0,070
15	0,730	0,000	0,130	-0,870	0,070

Продолжение таблицы 15

Величины отклонений измеренных расстояний от среднего для тахеометра Leica TCR405, (мм)					
Номер приема	Номер цикла				
	6	7	8	9	10
1	-0,930	0,000	0,070	0,070	0,070
2	0,070	0,000	0,070	0,070	0,070
3	0,070	0,000	0,070	-0,930	0,070
4	0,070	0,000	0,070	0,070	-0,930
5	0,070	0,000	0,070	0,070	0,070
6	0,070	0,000	-0,930	0,070	0,070
7	0,070	0,000	0,070	0,070	0,070
8	0,070	0,000	0,070	0,070	0,070
9	0,070	0,000	0,070	0,070	0,070
10	0,070	0,000	0,070	0,070	0,070
11	0,070	0,000	0,070	0,070	0,070
12	0,070	0,000	0,070	0,070	0,070
13	0,070	0,000	0,070	0,070	0,070
14	0,070	0,000	0,070	0,070	0,070
15	0,070	0,000	0,070	0,070	0,070

Таблица 16

Величины СКО измеренных расстояний для тахеометра Leica TCR1201, (мм)	
Номер цикла	Значение СКО
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0,25
10	0,25

Таблица 17

Величины СКО измеренных расстояний для тахеометра Leica TCR405, (мм)	
Номер цикла	Значение СКО
1	0,7
2	0
3	0,36
4	0,36
5	0,25
6	0,25
7	0
8	0,25
9	0,25
10	0,25

В заключительной части обработки результатов измерений необходимо вычислить средние значения измеренных расстояний по циклам для каждого прибора.

Для Leica TCR1201 среднее расстояние за все 10 циклов получилось равным $S_{1201 \text{ ср.}} = 105,71501 \text{ м.}$

Для Leica TCR405 среднее расстояние за все 10 циклов получилось равным $S_{405 \text{ ср.}} = 105,71703 \text{ м.}$

Разность измеренных расстояний получается равной $\Delta S = 2,02 \text{ мм.}$

Рассмотрим достоинства данной методики поверки:

– используя данный метод, удастся исключить ошибки за центрирование приборов, поскольку для установки используется один и тот же трегер, исключаем ошибки за условия внешней среды, так как производим измерения в одних и тех же условиях с небольшими интервалами времени между сменой приборов;

– специальная установка штативов исключает возможность изменения расстояния между ними;

– использование одного и того же отражателя исключает поправку при измерении расстояния с его использованием.

Главными достоинствами данного способа поверки выступают такие особенности как мобильность, некоторая произвольность расстояния между штативами и возможность установки такого расстояния между штативами, которое невозможно создать для полевых эталонных базисов. Немаловажным преимуществом мобильного базиса является тот факт, что его можно использовать в пределах населенного пункта и практически в любое время года без каких либо осложнений при эксплуатации.

2.4 Разработка и исследование методики поверки тахеометра с применением трех штативов

Логическим продолжением методики поверки тахеометра, которая была описана в подразделе 2.3, является методика поверки тахеометра с применением трех штативов, входе которой получится окончательно исключить из результатов измерений поправки за внешние условия среды, так как измерения выполняются с интервалом до десятых секунд. Принципиальная схема измерений состоит в том, что эталонным и поверяемым тахеометрами поочередно одновременно измеряется два разных расстояния с двух штативов на один и тот же отражатель (рисунок 18).

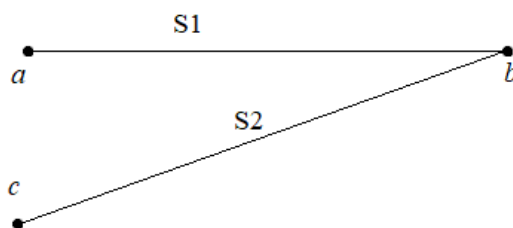


Рисунок 18 – Схема поверки тахеометра с применением трех штативов (вид сверху)

Для осуществления данной поверки, к уже имеющейся поверочной схеме поверки (рисунок 17) добавляется третий штатив *c*, расположенный сбоку от штатива *a*. Принципы установки штатива *c* аналогичны тем, которые применялись для штативов *a* и *b*.

На штатив *c* устанавливается трегер, как и на штатив *a*. Условие расположения штатива *c* и его взаимосвязи со штативом *b* аналогично такой же взаимосвязи, которая имеется между штативами *a* и *b*. На штативе *b* остается установленным отражатель.

Поверка осуществляется следующим образом. На штатив *a* устанавливается эталонный прибор, а на штатив *b* поверяемый. С обоих приборов одновременно производится 10 циклов измерения расстояния, по 15 приемов в цикле. После этого, приборы меняются местами, и производится аналогичная операция. Обработка результатов измерений аналогична той, которая была описана в подразделе 2.3. Пример установки приборов представлен на рисунке 19.



Рисунок 19 – Пример установки приборов для осуществления поверки

Ввиду большого количества полученных данных, результаты измерений и их дальнейшая обработка будут представлены в приложениях. Результаты измерения расстояний тахеометрами Leica TCR1201 и Leica TCR405 в первой позиции, а также величины средних расстояний в цикле представлены в приложении А. Величины отклонений измеренных расстояний от среднего для тахеометров Leica TCR1201 и Leica TCR405 в первой позиции представлены в приложении Б. Результаты измерения расстояний тахеометрами Leica TCR1201 и Leica TCR405 во второй позиции, а также величины средних расстояний в цикле представлены в

приложении В. Величины отклонений измеренных расстояний от среднего для тахеометров Leica TCR1201 и Leica TCR405 во второй позиции представлены в приложении Г. Величины СКО измеренных расстояний для тахеометров Leica TCR1201 и Leica TCR405 в первой и во второй позициях представлены в приложении Д.

Итоговая обработка результатов измерений проводится следующим образом. Для начала вычисляется сумма средних измеренных расстояний S_1 и S_2 для каждого из приборов:

Сумма средних расстояний S_1 и S_2 измеренных тахеометром Leica TCR405 = 105,82223 м.

Сумма средних расстояний S_1 и S_2 измеренных тахеометром Leica TCR1201 = 105,81851 м.

Результатом будет выступать разность полученных значений, деленная пополам.

$$\Delta S = 1,86 \text{ мм.}$$

Полученный результат сопоставим с тем, который был получен в подразделе 2.3, что свидетельствует о достоверности используемых методов.

Опишем достоинства методики поверки тахеометра с применением трех штативов. Сохраняя все преимущества способа, представленного в подразделе 2.3, данный способ позволяет нам полностью исключить из результатов измерений поправки и ошибки, который были бы нам нужны в первом случае.

2.5 Совершенствование методики поверки тахеометра с применением створа

Рассмотрим методику поверки тахеометра с применением створа. Данная методика берет основы из той, которая была описана в подразделе 2.3, однако дополняет ее тем, что в ходе поверки тахеометра с применением створа исключается ошибка, которая возникает в том случае, когда ось вращения прибора не совпадает с осью дальномера.

Опишем схему поверки. Штативы a и b остаются на своих позициях, а штатив c располагается между ними в створе. Все штативы установлены так же, как было описано в подразделе 2.3. На штативы b и c устанавливаются отражатели, на штатив a трегер для установки прибора. На штатив a устанавливается эталонный прибор и производим измерение расстояния S_1 пятью циклами, по пятнадцать приемов в каждом цикле. Далее осуществляется измерение расстояния S_2 5-ю циклами, по 15 приемов в каждом цикле. После этого эталонный прибор извлекается из трегера, устанавливается поверяемый прибор и производится аналогичная процедура. Принципиальная схема поверки представлена на рисунке 20.

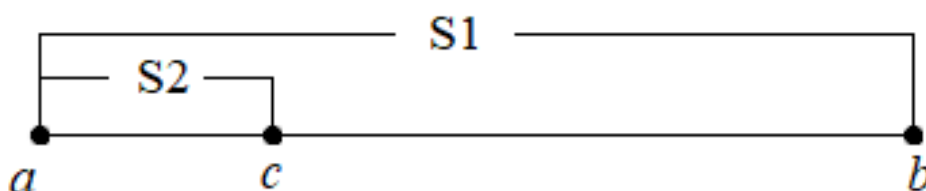


Рисунок 20 – Схема поверки тахеометра
с помощью створа (вид сверху)

Результаты измерения расстояний тахеометром Leica TCR1201, а также величины средних расстояний в цикле представлены в таблице 18. Величины отклонений измеренных расстояний от среднего для тахеометра Leica TCR1201 представлены в таблице 19. Результаты измерения расстояний тахеометром Leica TCR405, а также величины средних расстояний в цикле представлены в таблице 20. Величины отклонений измеренных расстояний от среднего для тахеометра Leica TCR405 представлены в таблице 21.

Величины СКО измеренных расстояний для тахеометра Leica TCR1201 представлены в таблице 22. Величины СКО измеренных расстояний для тахеометра Leica TCR405 представлены в таблице 23.

Таблица 18

Результаты измерения расстояния S_1 тахеометром Leica TCR1201, (м)					
Номер приема	Номер цикла				
	1	2	3	4	5
1	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
2	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
3	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
4	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
5	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
6	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
7	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
8	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
9	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
10	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
11	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
12	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
13	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
14	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
15	105,715	105,715	105,715	105,715	105,715
Среднее значение	105,71500	105,71500	105,71500	105,71500	105,71500

Продолжение таблицы 18

Результаты измерения расстояния S_2 тахеометром Leica TCR1201, (м)					
Номер приема	Номер цикла				
	1	2	3	4	5
1	31,342	31,342	31,343	31,342	31,342
2	31,342	31,343	31,343	31,343	31,342
3	31,342	31,343	31,343	31,343	31,342
4	31,343	31,343	31,343	31,343	31,342
5	31,342	31,343	31,343	31,343	31,343
6	31,342	31,342	31,342	31,343	31,342
7	31,342	31,342	31,343	31,343	31,342
8	31,342	31,343	31,342	31,343	31,343
9	31,342	31,343	31,343	31,343	31,343
10	31,342	31,343	31,342	31,343	31,343
11	31,342	31,342	31,342	31,342	31,342
12	31,342	31,343	31,343	31,343	31,342
13	31,343	31,343	31,343	31,343	31,342
14	31,342	31,342	31,343	31,343	31,343
15	31,343	31,342	31,343	31,342	31,343
Среднее значение	31,34220	31,34260	31,34273	31,34280	31,34200

Таблица 19

Величины отклонений измеренных расстояний S_1 от среднего для тахеометра Leica TCR1201, (мм)					
Номер приема	Номер цикла				
	1	2	3	4	5
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
12	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
13	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Продолжение таблицы 19

Величины отклонений измеренных расстояний S_2 от среднего для тахеометра Leica TCR1201, (мм)					
Номер приема	Номер цикла				
	1	2	3	4	5
1	0,2	0,6	-0,27	0,8	0
2	0,2	-0,4	-0,27	-0,2	0
3	0,2	-0,4	-0,27	-0,2	0
4	-0,8	-0,4	-0,27	-0,2	0
5	0,2	-0,4	-0,27	-0,2	-1
6	0,2	0,6	0,73	-0,2	0
7	0,2	0,6	-0,27	-0,2	0
8	0,2	-0,4	0,73	-0,2	-1
9	0,2	-0,4	-0,27	-0,2	-1
10	0,2	-0,4	0,73	-0,2	-1
11	0,2	0,6	0,73	0,8	0
12	0,2	-0,4	-0,27	-0,2	0
13	-0,8	-0,4	-0,27	-0,2	0
14	0,2	0,6	-0,27	-0,2	-1
15	-0,8	0,6	-0,27	0,8	-1

Таблица 20

Результаты измерения расстояния S_1 тахеометром Leica TCR405, (м)					
Номер приема	Номер цикла				
	1	2	3	4	5
1	105,718	105,719	105,719	105,718	105,719
2	105,718	105,719	105,718	105,718	105,719
3	105,718	105,719	105,719	105,718	105,719
4	105,718	105,719	105,719	105,718	105,719
5	105,719	105,719	105,719	105,718	105,719
6	105,719	105,719	105,718	105,719	105,719
7	105,719	105,719	105,719	105,718	105,719
8	105,718	105,719	105,719	105,718	105,718
9	105,718	105,719	105,719	105,719	105,719
10	105,719	105,719	105,718	105,719	105,718
11	105,718	105,719	105,718	105,718	105,719
12	105,719	105,719	105,718	105,718	105,718
13	105,719	105,719	105,719	105,719	105,718
14	105,719	105,719	105,718	105,719	105,719
15	105,719	105,719	105,718	105,719	105,719
Среднее значение	105,71853	105,71900	105,71853	105,71840	105,71873

Продолжение таблицы 20

Результаты измерения расстояния S_2 тахеометром Leica TCR405, (м)					
Номер приема	Номер цикла				
	1	2	3	4	5
1	31,345	31,345	31,345	31,345	31,345
2	31,345	31,345	31,345	31,345	31,345
3	31,345	31,345	31,345	31,345	31,345
4	31,345	31,345	31,345	31,345	31,345
5	31,345	31,345	31,345	31,344	31,345
6	31,345	31,345	31,345	31,345	31,345
7	31,345	31,345	31,345	31,345	31,345
8	31,345	31,344	31,345	31,345	31,345
9	31,345	31,345	31,345	31,345	31,345
10	31,345	31,345	31,344	31,345	31,345
11	31,344	31,345	31,345	31,345	31,345
12	31,345	31,345	31,345	31,345	31,345
13	31,345	31,345	31,345	31,345	31,345
14	31,345	31,345	31,345	31,345	31,345
15	31,345	31,345	31,345	31,344	31,345
Среднее значение	31,34493	31,34493	31,34493	31,34487	31,34500

Таблица 21

Величины отклонений измеренных расстояний S_1 от среднего для тахеометра Leica TCR405, (мм)					
Номер приема	Номер цикла				
	1	2	3	4	5
1	0,53	0	-0,47	0,4	-0,27
2	0,53	0	0,53	0,4	-0,27
3	0,53	0	-0,47	0,4	-0,27
4	0,53	0	-0,47	0,4	-0,27
5	-0,47	0	-0,47	0,4	-0,27
6	-0,47	0	0,53	-0,6	-0,27
7	-0,47	0	-0,47	0,4	-0,27
8	0,53	0	-0,47	0,4	0,73
9	0,53	0	-0,47	-0,6	-0,27
10	-0,47	0	0,53	-0,6	0,73
11	0,53	0	0,53	0,4	-0,27
12	-0,47	0	0,53	0,4	0,73
13	-0,47	0	-0,47	-0,6	0,73
14	-0,47	0	0,53	-0,6	-0,27
15	-0,47	0	0,53	-0,6	-0,27

Продолжение таблицы 21

Величины отклонений измеренных расстояний S_2 от среднего для тахеометра Leica TCR405, (мм)					
Номер приема	Номер цикла				
	1	2	3	4	5
1	-0,07	-0,07	-0,07	-0,13	0
2	-0,07	-0,07	-0,07	-0,13	0
3	-0,07	-0,07	-0,07	-0,13	0
4	-0,07	-0,07	-0,07	-0,13	0
5	-0,07	-0,07	-0,07	0,87	0
6	-0,07	-0,07	-0,07	-0,13	0
7	-0,07	-0,07	-0,07	-0,13	0
8	-0,07	0,93	-0,07	-0,13	0
9	-0,07	-0,07	-0,07	-0,13	0
10	-0,07	-0,07	0,93	-0,13	0
11	0,93	-0,07	-0,07	-0,13	0
12	-0,07	-0,07	-0,07	-0,13	0
13	-0,07	-0,07	-0,07	-0,13	0
14	-0,07	-0,07	-0,07	-0,13	0
15	-0,07	-0,07	-0,07	0,87	0

Таблица 22

Величины СКО измеренных расстояний для тахеометра Leica TCR1201, (мм)									
S_1					S_2				
Номер цикла					Номер цикла				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
0	0	0	0	0	0,41	0,51	0,45	0,41	0,65

Таблица 23

Величины СКО измеренных расстояний для тахеометра Leica TCR405, (мм)									
S_1					S_2				
Номер цикла					Номер цикла				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
0,52	0	0,52	0,51	0,45	0,25	0,25	0,25	0,36	0

Обработка результатов происходит в несколько этапов. Сначала находим величины средних расстояний для каждого цикла измерений:

$$S_1 \text{ Leica TCR1201} = 105,715 \text{ м.}$$

$$S_1 \text{ Leica TCR405} = 105,71864 \text{ м.}$$

$$S_2 \text{ Leica TCR1201} = 31,34247 \text{ м.}$$

$$S_2 \text{ Leica TCR405} = 31,34493 \text{ м.}$$

Затем, находим разницу S_1 и S_2 для каждого прибора:

$$\Delta S \text{ Leica TCR1201} = 74,37253 \text{ м.}$$

$$\Delta S \text{ Leica TCR405} = 74,37371 \text{ м.}$$

Оба этих расстояния измерены без ошибки, которая могла возникнуть в ходе того, что у тахеометра не совпадают ось вращения прибора и ось дальномера.

Итоговая разница между $\Delta S \text{ Leica TCR1201}$ и $\Delta S \text{ Leica TCR405}$:

$$\Delta S = 1,18 \text{ мм.}$$

2.6 Разработка передвижного базиса на шасси автомобиля

Сущность функционирования эталонного передвижного базиса основывается на том, что в качестве эталонного расстояния нами предлагается использовать эталонный фазовый светодальномер, с помощью которого производится эталонирование тахеометров путем на отражатель, установленный в кузове автомобиля. При этом могут быть реализованы две схемы выполнения поверки:

- одновременное использование поверяемого и эталонного средства измерения (подраздел 2.4);
- поочередная передача единицы длины эталонным и поверяемым средствами измерений (подраздел 2.3).

Рассмотрим первую схему поверки. Для этого выбирается автомобильная дорога, по возможности с незначительным уклоном и небольшой интенсивностью движения. Дорога должна иметь длину порядка двух километров. После выбора трассы напротив точки A , устанавливается два штатива a и b на расстоянии не более двух метров между ними с поверяемым и эталонным тахеометрами. Методика установки штативов аналогична той, которая описана в подразделе 2.3. Оба прибора приводятся в рабочее положение. В данной методике поверки отражатель будет располагаться в грузовой части автомобиля марки «Газель».

Поверка будет осуществляться следующим образом. Автомобиль с отражателем будет перемещаться вдоль трассы, останавливаясь через каждые 100 – 150 метров. После остановки, штатив с отражателем будет либо выгружаться из грузовой части автомобиля и устанавливаться около автомобиля, либо будет устанавливаться в грузовой части автомобиля, через специально созданное в днище грузовой части отверстие. После установки штатива с отражателем, поверяемый и эталонный прибор будут производить серию измерений, аналогичную той, которая была описана в подразделе 2.4. Измерения необходимо будет произвести в прямом и обратном направлениях. После этого

производится обработка результатов измерений, аналогичная рассмотренной в подразделе 2.4. Схема осуществления поверки представлена на рисунке 21.

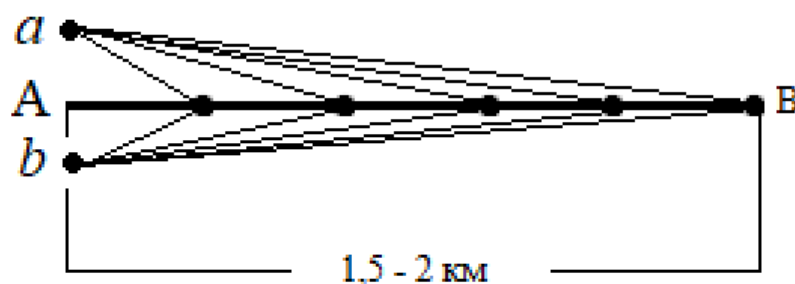


Рисунок 21 – Одновременная поверка
эталонного и поверяемого прибора
с применением автомобиля

Рассмотрим вторую схему поверки. Для этого выбирается автомобильная дорога, по возможности с незначительным уклоном и небольшой интенсивностью движения. Дорога должна иметь длину порядка двух километров. После выбора трассы напротив точки А, устанавливается штатив *a*. Методика установки штативов аналогична той, которая описана в подразделе 2.3. На штатив *a* устанавливается эталонный прибор и приводится в рабочее положение. В данной методике поверки отражатель будет располагаться в грузовой части автомобиля марки «Газель».

Поверка будет осуществляться следующим образом. Автомобиль с отражателем будет перемещаться вдоль трассы, останавливаясь через каждые 100 – 150 метров. После остановки, штатив с отражателем будет либо выгружаться из грузовой части автомобиля и устанавливаться около автомобиля, либо будет устанавливаться в грузовой части автомобиля, через специально созданное в днище грузовой части отверстие. После установки штатива с отражателем, эталонным прибором производится серия измерений, аналогичная той, которая описана в подразделе 2.3. После окончания измерений, эталонный прибор заменяется поверяемым и производится аналогичная серия измерений.

Измерения необходимо будет произвести в прямом и обратном направлениях. После этого производится обработка результатов измерений, аналогичная рассмотренной в подразделе 2.3. Схема осуществления поверки представлена на рисунке 22.

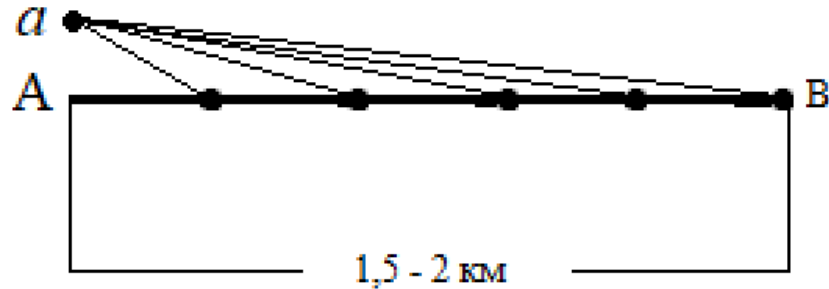


Рисунок 22 – Поочередна поверка эталонного и поверяемого прибора с применением автомобиля

Рассмотрим преимущества данной системы. Обладая теми же достоинствами, которыми обладали предложенные в подразделах 2.3 и 2.4 методики, передвижной базис на шасси автомобиля позволяет также производить научные изыскания в области геодезии и метрологии, поскольку не имеет тех ограничений по длине, которыми обладают стационарные базисы.

3 ВОПРОСЫ ЭКОНОМИКИ

Рассмотрим экономическую составляющую методики поверки светодалъномера с применением мобильного базиса на базе автомобиля. Для расчета сметной стоимости воспользуемся справочником базовых цен на инженерно-геодезические изыскания для строительства [8].

Под сметной стоимостью следует понимать сумму денежных средств, необходимую для осуществления работ в соответствии с проектными материалами.

Общая стоимость геодезических работ формируется из затрат на следующие категории:

- затраты на осуществление полевых работ;
- затраты на осуществление камеральных работ;
- затраты на проведение организационных работ;
- транспортные расходы (внутренний и внешний транспорт).

Для каждой из этих категорий в справочнике базовых цен указана стоимость проведения работ на момент 2001 года, которая в дальнейшем актуализируется благодаря индексу изменения сметной стоимости.

На момент проведения работ, индекс изменения сметной стоимости проектных и изыскательных работ на первый квартал 2019 года составляет 4,17.

В 2019 году налог на добавочную стоимость (НДС) составляет 20 %.

Результаты расчета сметы на поверочные работы представлены в приложении Е.

4 ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

При работе с лазерными светодальномерами, в целях безопасности следует придерживаться следующих правил:

- ни в коем случае нельзя допускать прямого попадания лазерного луча в глаза, поскольку это может привести к временной слепоте;

- включать лазер следует только в тех случаях, когда идет непосредственная работа с прибором;

- категорически не допускается смотреть на лазерный луч через какие-либо оптические приборы, поскольку это может усилить его негативное воздействие на глаза;

- не допускается нарушать целостность этикеток на приборе;

- не следует осуществлять ремонт лазерного дальномера своими силами, для этих целей необходимо обращаться в сервисный центр;

- запрещается использовать неоригинальные запчасти и аккумуляторы.

Поскольку работы по поверке с применением автомобиля будут производиться в полевых условиях, следует обозначить основные требования безопасности для работ, выполняемых в полевых условиях [10]:

- для работы в полевых условиях необходимо пройти предварительный медицинский осмотр и поставить все необходимые прививки;

- работники обязаны пройти вводный инструктаж, первичный на рабочем месте, а в дальнейшем повторный, внеплановый и целевой инструктажи;

- в период полевых работ работники обязаны соблюдать правила трудового распорядка, правила пожарной и электробезопасности;

- в целях снижения воздействия внешних неблагоприятных факторов, работникам следует носить выданную работодателем спецодежду, спецобувь и предохранительные приспособления;

- при возникновении несчастного случая работникам следует оказать пострадавшему первую помощь, сохранить обстановку несчастного случая и доложить о случившемся;

– к управлению транспортными средствами, механизмами, специальным оборудованием и так далее допускаются только те лица, которые прошли специальную подготовку и могут предоставить соответствующее удостоверение;

– при возникновении неисправностей оборудования, механизмов, нарушениях технологического режима, ухудшении условий труда, возникновении чрезвычайных ситуаций следует немедленно сообщить руководству об этом, и предпринять профилактические меры в зависимости от обстоятельств, тем самым обеспечив свою безопасность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании исследований, выполненных в выпускной квалификационной работе, получены следующие результаты:

– в первом разделе было рассмотрено общее современное состояние вопроса проведения эталонирования линейных средств измерений – передача единицы длины. Установлено, что в настоящее время для эталонирования линейной части тахеометра используются стационарные эталонные базисы длиной до двух километров;

– второй раздел посвящен разработке новых технологических схем поверки, при реализации которых не требуется стационарный эталонный базис. Было предложено несколько вариантов проведения поверки, каждый из которых обладал теми или иными достоинствами, по сравнению с существующей методикой поверки, для осуществления которой требовался бы эталонный стационарный базис;

– в третьем разделе была рассчитана смета для проведения поверки тахеометров с применением мобильного базиса на шасси автомобиля;

– четвертый раздел был посвящен технике безопасности при осуществлении полевых работ. Были отмечены основные правила, которые позволят произвести полевые работы без возникновения аварийных и опасных для жизни ситуаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 ГОСТ 21830-76 Приборы геодезические. Термины и определения [Текст] : гос. комитет СССР. – Введ. 17.05.1976. – Государственный комитет СССР по стандартам, 1977. – 26 с.
- 2 ГОСТ 8.061-80 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Поверочные схемы. Содержание и построение [Текст] : гос. комитет СССР. – Введ. 01.01.1981. – Государственный комитет СССР по стандартам, 1981. – 10 с.
- 3 ГОСТ 8.503-84 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений длины в диапазоне 24-75000 м [Текст] : гос. комитет СССР. – Введ. 15.04.1984. – Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. – 4 с.
- 4 ГОСТ 8.513-84 Государственная система обеспечения единства измерений. Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения [Текст] : гос. комитет СССР. – Введ. 01.07.1985. – Государственный комитет СССР по стандартам, 1984. – 10с.
- 5 ГОСТ Р 8.568-2017 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Аттестация испытательного оборудования. Основные положения [Текст] : нац. стандарт РФ. – Введ. 08.01.2018. – Стандартиформ, 2018. – 12 с.
- 6 ГОСТ Р 8.885-2015 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Эталоны. Основные положения [Текст] : нац. стандарт РФ. – Введ. 03.01..2016. – Стандартиформ. 2016. – 10 с.
- 7 Спиридонов, А.И. Поверка геодезических приборов [Текст] : учебник для вузов / А.И. Спиридонов, Ю.Н. Кулагин, М.В. Кузьмин – М. : Недра, 1981. – 159 с.
- 8 Справочник базовых цен на инженерные изыскания для строительства. Инженерно-геодезические изыскания при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений. – М. : ПНИИИС, 2006 – 122 с.

9 СТО-02570823-19-05 Базисы линейные эталонные. Общие технические требования [Текст] : Федеральное агентство геодезии и картографии России. – Введ. 27.09.2005. – Стандартиформ. 2005. – 42 с.

10 ТОИ Р-07-001-98 Типовая инструкция по охране труда общие требования безопасности для профессий и видов работ, выполняемых в полевых условиях [Текст] : Россельхоз. – Введ 01.01.1999. – 12 с.

11 Уставич, Г.А Геодезия. В 2-х кн. Кн. 2 [Текст]: учебник для вузов / Г. А. Уставич. – Новосибирск: СГГА, 2014. – 536 с.

12 Федеральный закон N 102-ФЗ Об обеспечении единства измерений [Текст] / Принят 11.06.2008 / Одобрен 18.06.2008. – 35 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЙ ТАХЕОМЕТРАМИ
LEICA TCR1201 И LEICA TCR405 В ПЕРВОЙ ПОЗИЦИИ

Таблица А.1

Величины измеренных расстояний тахеометрами LEICA TCR1201 и LEICA TCR405 в первой позиции, (м)										
Номер приема	Номер цикла									
	1		2		3		4		5	
	LEICA TCR1201	LEICA TCR405	LEICA TCR1201	LEICA TCR405	LEICA TCR1201	LEICA TCR405	LEICA TCR1201	LEICA TCR405	LEICA TCR1201	LEICA TCR405
1	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926
2	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926
3	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926
4	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,925	105,715	105,926	105,715	105,926
5	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926
6	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926
7	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926
8	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926
9	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926
10	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926
11	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926
12	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926
13	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926
14	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926
15	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926
Среднее значение	105,71500	105,92600	105,71500	105,92600	105,71500	105,92600	105,71500	105,92600	105,71500	105,92600

Продолжение таблицы А.1

Величины измеренных расстояний тахеометрами LEICA TCR1201 и LEICA TCR405 в первой позиции, (м)										
Номер приема	Номер цикла									
	6		7		8		9		10	
	LEICA TCR1201	LEICA TCR405	LEICA TCR1201	LEICA TCR405	LEICA TCR1201	LEICA TCR405	LEICA TCR1201	LEICA TCR405	LEICA TCR1201	LEICA TCR405
1	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926
2	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926
3	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926
4	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,925	105,715	105,926	105,715	105,926
5	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926
6	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926
7	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926
8	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926
9	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926
10	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926
11	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926
12	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926
13	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926
14	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926
15	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926	105,715	105,926
Среднее значение	105,71500	105,92600	105,71500	105,92600	105,71500	105,92600	105,71500	105,92600	105,71500	105,92600

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(обязательное)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЙ ТАХЕОМЕТРАМИ
LEICA TCR1201 И LEICA TCR405 ВО ВТОРОЙ ПОЗИЦИИ

Таблица В.1

Величины измеренных расстояний тахеометрами LEICA TCR1201 и LEICA TCR405 во второй позиции, (м)										
Номер приема	Номер цикла									
	1		2		3		4		5	
	LEICA TCR405	LEICA TCR1201	LEICA TCR405	LEICA TCR1201	LEICA TCR405	LEICA TCR1201	LEICA TCR405	LEICA TCR1201	LEICA TCR405	LEICA TCR1201
1	105,718	105,922	105,719	105,922	105,719	105,922	105,719	105,922	105,719	105,922
2	105,719	105,922	105,719	105,922	105,719	105,922	105,719	105,922	105,719	105,922
3	105,718	105,922	105,719	105,922	105,719	105,922	105,719	105,922	105,718	105,922
4	105,719	105,922	105,719	105,923	105,719	105,922	105,719	105,922	105,718	105,922
5	105,718	105,922	105,719	105,922	105,719	105,922	105,719	105,922	105,718	105,922
6	105,719	105,923	105,719	105,922	105,719	105,922	105,719	105,922	105,718	105,922
7	105,719	105,923	105,719	105,922	105,718	105,922	105,718	105,922	105,719	105,922
8	105,719	105,922	105,719	105,922	105,718	105,922	105,719	105,922	105,719	105,922
9	105,719	105,922	105,718	105,922	105,718	105,922	105,719	105,922	105,719	105,922
10	105,719	105,922	105,719	105,922	105,719	105,922	105,719	105,922	105,719	105,922
11	105,719	105,922	105,719	105,922	105,718	105,922	105,719	105,922	105,719	105,922
12	105,719	105,922	105,719	105,922	105,718	105,922	105,719	105,922	105,719	105,922
13	105,718	105,922	105,719	105,922	105,718	105,922	105,719	105,922	105,719	105,922
14	105,718	105,922	105,719	105,922	105,718	105,922	105,719	105,922	105,719	105,922
15	105,718	105,922	105,719	105,922	105,718	105,922	105,719	105,922	105,719	105,922
Среднее значение	105,71860	105,92213	105,71893	105,92207	105,71847	105,92200	105,71893	105,92200	105,71873	105,92200

Продолжение таблицы В.1

Величины измеренных расстояний тахеометрами LEICA TCR1201 и LEICA TCR405 во второй позиции, (м)										
Номер приема	Номер цикла									
	6		7		8		9		10	
	LEICA TCR405	LEICA TCR1201	LEICA TCR405	LEICA TCR1201	LEICA TCR405	LEICA TCR1201	LEICA TCR405	LEICA TCR1201	LEICA TCR405	LEICA TCR1201
1	105,719	105,922	105,718	105,922	105,718	105,719	105,922	105,718	105,922	105,718
2	105,719	105,922	105,718	105,922	105,718	105,719	105,922	105,718	105,922	105,718
3	105,719	105,922	105,719	105,922	105,718	105,719	105,922	105,719	105,922	105,718
4	105,718	105,922	105,719	105,922	105,719	105,718	105,922	105,719	105,922	105,719
5	105,718	105,922	105,719	105,922	105,718	105,718	105,922	105,719	105,922	105,718
6	105,719	105,922	105,718	105,922	105,718	105,719	105,922	105,718	105,922	105,718
7	105,719	105,922	105,718	105,922	105,718	105,719	105,922	105,718	105,922	105,718
8	105,719	105,922	105,718	105,922	105,718	105,719	105,922	105,718	105,922	105,718
9	105,718	105,922	105,718	105,922	105,718	105,718	105,922	105,718	105,922	105,718
10	105,719	105,922	105,718	105,922	105,718	105,719	105,922	105,718	105,922	105,718
11	105,719	105,922	105,718	105,922	105,718	105,719	105,922	105,718	105,922	105,718
12	105,719	105,922	105,719	105,922	105,718	105,719	105,922	105,719	105,922	105,718
13	105,719	105,922	105,719	105,922	105,718	105,719	105,922	105,719	105,922	105,718
14	105,719	105,922	105,719	105,922	105,718	105,719	105,922	105,719	105,922	105,718
15	105,719	105,922	105,719	105,922	105,718	105,719	105,922	105,719	105,922	105,718
Среднее значение	105,71880	105,92200	105,71847	105,92200	105,71807	105,71880	105,92200	105,71847	105,92200	105,71807

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(обязательное)

**ВЕЛИЧИНЫ ОТКЛОНЕНИЙ ИЗМЕРЕННЫХ РАССТОЯНИЙ ОТ СРЕДНЕГО
ДЛЯ ТАХЕОМЕТРОВ LEICA TCR1201 И LEICA TCR405 ВО ВТОРОЙ
ПОЗИЦИИ**

Таблица Г.1

Величины отклонений измеренных расстояний от среднего для тахеометров LEICA TCR1201 и LEICA TCR405 во второй позиции, (мм)										
Номер приема	Номер цикла									
	1		2		3		4		5	
	LEICA TCR405	LEICA TCR1201	LEICA TCR405	LEICA TCR1201	LEICA TCR405	LEICA TCR1201	LEICA TCR405	LEICA TCR1201	LEICA TCR405	LEICA TCR1201
1	0,600	0,130	-0,070	0,070	-0,530	0,000	-0,070	0,000	-0,270	0,000
2	-0,400	0,130	-0,070	0,070	-0,530	0,000	-0,070	0,000	-0,270	0,000
3	0,600	0,130	-0,070	0,070	-0,530	0,000	-0,070	0,000	0,730	0,000
4	-0,400	0,130	-0,070	-0,930	-0,530	0,000	-0,070	0,000	0,730	0,000
5	0,600	0,130	-0,070	0,070	-0,530	0,000	-0,070	0,000	0,730	0,000
6	-0,400	-0,870	-0,070	0,070	-0,530	0,000	-0,070	0,000	0,730	0,000
7	-0,400	-0,870	-0,070	0,070	0,470	0,000	0,930	0,000	-0,270	0,000
8	-0,400	0,130	-0,070	0,070	0,470	0,000	-0,070	0,000	-0,270	0,000
9	-0,400	0,130	0,930	0,070	0,470	0,000	-0,070	0,000	-0,270	0,000
10	-0,400	0,130	-0,070	0,070	-0,530	0,000	-0,070	0,000	-0,270	0,000
11	-0,400	0,130	-0,070	0,070	0,470	0,000	-0,070	0,000	-0,270	0,000
12	-0,400	0,130	-0,070	0,070	0,470	0,000	-0,070	0,000	-0,270	0,000
13	0,600	0,130	-0,070	0,070	0,470	0,000	-0,070	0,000	-0,270	0,000
14	0,600	0,130	-0,070	0,070	0,470	0,000	-0,070	0,000	-0,270	0,000
15	0,600	0,130	-0,070	0,070	0,470	0,000	-0,070	0,000	-0,270	0,000

Продолжение таблицы Г.1

Величины отклонений измеренных расстояний от среднего для тахеометров LEICA TCR1201 и LEICA TCR405 во второй позиции, (мм)										
Номер приема	Номер цикла									
	6		7		8		9		10	
	LEICA TCR405	LEICA TCR1201	LEICA TCR405	LEICA TCR1201	LEICA TCR405	LEICA TCR1201	LEICA TCR405	LEICA TCR1201	LEICA TCR405	LEICA TCR1201
1	-0,200	0,000	0,470	0,000	0,070	0,000	0,200	0,000	0,470	0,000
2	-0,200	0,000	0,470	0,000	0,070	0,000	-0,800	0,000	-0,530	0,000
3	-0,200	0,000	-0,530	0,000	0,070	0,000	0,200	0,000	0,470	0,000
4	0,800	0,000	-0,530	0,000	-0,930	0,000	0,200	0,000	0,470	0,000
5	0,800	0,000	-0,530	0,000	0,070	0,000	-0,800	0,000	-0,530	0,000
6	-0,200	0,000	0,470	0,000	0,070	0,000	0,200	0,000	0,470	0,000
7	-0,200	0,000	0,470	0,000	0,070	0,000	0,200	0,000	0,470	0,000
8	-0,200	0,000	0,470	0,000	0,070	0,000	0,200	0,000	0,470	0,000
9	0,800	0,000	0,470	0,000	0,070	0,000	0,200	0,000	0,470	0,000
10	-0,200	0,000	0,470	0,000	0,070	0,000	0,200	0,000	-0,530	0,000
11	-0,200	0,000	0,470	0,000	0,070	0,000	0,200	0,000	0,470	0,000
12	-0,200	0,000	-0,530	0,000	0,070	0,000	0,200	0,000	-0,530	0,000
13	-0,200	0,000	-0,530	0,000	0,070	0,000	0,200	0,000	-0,530	0,000
14	-0,200	0,000	-0,530	0,000	0,070	0,000	-0,800	0,000	-0,530	0,000
15	-0,200	0,000	-0,530	0,000	0,070	0,000	0,200	0,000	-0,530	0,000

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(обязательное)

ВЕЛИЧИНЫ СКО ИЗМЕРЕННЫХ РАССТОЯНИЙ ДЛЯ ТАХЕОМЕТРОВ LEICA
TCR1201 И LEICA TCR405 В ПЕРВОЙ И ВО ВТОРОЙ ПОЗИЦИЯХ

Таблица Д.1

ВЕЛИЧИНЫ СКО ИЗМЕРЕННЫХ РАССТОЯНИЙ ДЛЯ ТАХЕОМЕТРОВ LEICA TCR1201 И LEICA TCR405 В ПЕРВОЙ ПОЗИЦИЯХ, (мм)				
Номер цикла	Первая позиция		Вторая позиция	
	LEICA TCR1201	LEICA TCR405	LEICA TCR405	LEICA TCR1201
1	0	0	0,51	0,36
2	0	0	0,25	0,25
3	0	0,27	0,52	0
4	0	0	0,25	0
5	0	0	0,45	0
6	0	0	0,41	0
7	0	0	0,52	0
8	0	0	0,25	0
9	0	0	0,41	0
10	0	0	0,51	0

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
(обязательное)

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА СМЕТЫ НА ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРОЧНЫХ РАБОТ

Таблица Е.1

№ п/п	Наименование вида и процесса работ	Обоснование расценки и применяемых коэффициентов	Единица измерения	Расценка	K1	K2	Объем	Стоимость работ, руб.
1	Полевые работы							
1.1	Создание плановой опорной планово-высотной съемочной сети промышленных объектов, 1-й разряд, I кат. сложности	Справочник базовых цен на инженерные изыскания (М., 2004), глава 1, п.4; K1 = 0,70 - без закладки центров	Пункт	8407	0,7		32	188316,8
	Итого полевые работы	по п.1						188316,8
2	Камеральные работы							
2.1	Создание плановой опорной планово-высотной съемочной сети промышленных объектов, 1-й разряд, I кат. сложности	Справочник базовых цен на инженерные изыскания (М., 2004), глава 1, п.4	Пункт	3313			32	106016
	Итого камеральные работы	по п.2						106016

Продолжение таблицы Е.1

№ п/п	Наименование вида и процесса работ	Обоснование расценки и применяемых коэффициентов	Единица измерения	Расценка	К1	К2	Объем	Стоимость работ, руб.
3	Расходы на транспорт							
3.1	Расходы по внутреннему транспорту	Справочник базовых цен на инженерные изыскания (М., 2004), общие указания, п.9	%	8,75				16477,72
3.2	Расходы по внешнему транспорту	Справочник базовых цен на инженерные изыскания (М., 2004), общие указания, п.10	%	19,6				36910,093
	Итого расходы по транспорту							53387,813
4	Расходы по организации и ликвидации работ	О.У. п. 13	%				6	12287,671
	Итого:	по пп. 1-4						360008,28
	Итого в ценах 2001г.:							360008,28
	Итого с учетом индекса изменения сметной стоимости в I квартале 2019 г.;	Письмо Министра России от 05.03.2019 N 7581-ДВ/09		4,17				1501234,5

