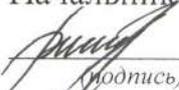


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Работа выполнена в СКПБ «Оптико-электронные методы в землеустройстве
и кадастрах»

СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела ОНИПКРС

(подпись) Е.М. Димитриади
« 17 » 04 20 23 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

(подпись) А.В. Космынин
« 18 » 04 20 23 г.

Декан ФКС


(подпись) Н.В. Гринкруг
« 17 » 04 20 23 г.

«Исследование и оценка точности безотражательного метода измерения рас-
стояния на базе электронного тахеометра SET650RX, iM50»

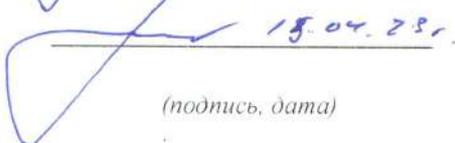
Комплект конструкторской / проектной документации

Руководитель СКПБ


(подпись, дата) 18.04.23г.

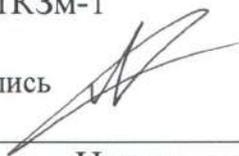
В.И. Зайков

Руководитель проекта


(подпись, дата) 18.04.23г.

В.И. Зайков

Карточка проекта

Название	Исследование и оценка точности безотражательного метода измерения расстояния на базе электронного тахеометра SET650RX, iM50
Тип проекта	техническое творчество (инициативный)
Исполнители	Неведомский Артур Денисович, гр. 1КЗм-1 подпись 
Срок реализации	Начало выполнения – февраль 2023г Окончание выполнения – апрель 2023г.

Использованное оборудование и программное обеспечение

Наименование	Количество, шт.
Электронный тахеометр SET650RX	1
ПО SDR basic	1

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

ЗАДАНИЕ
на разработку

Название проекта

«Исследование и оценка точности безотражательного метода измерения расстояния на базе электронного тахеометра SET650RX, iM50»

Назначение

Оценка точности безотражательного метода измерения расстояния в технологии электронной тахеометрии

Область использования

Электронная тахеометрия

Функциональное описание проекта

Аппаратно- программный комплекс для реализации проекта состоит из следующих компонентов:

- электронный тахеометр SET650RX;
- программный модуль ПО SDR basic

Техническое описание

Реализация проекта предполагает разработку методики исследования, экспериментального стенда и выполнение контрольно-измерительных операций для оценки точности безотражательного метода измерения расстояния в технологии электронной тахеометрии

Требования

- обеспечить выполнение контрольно-измерительных работ с заданной точностью и представить результаты, характеризующие погрешность измерения расстояний безотражательным методом.

План работ:

Наименование работ	Срок
Анализ проблемы и теоретическое обоснование проекта	февраль 2023г
Изучение интерфейса аппаратно-программного комплекса проекта	март 2023г
Разработка методики исследования, комплектация и сборка экспериментального стенда.	март 2023г
Производство контрольно-измерительных работ, расчет и обработка полученных результатов	апрель 2023г
Оформление паспорта(технического описания) проекта	апрель 2023г

Перечень графического материала:

1. Принципиальная схема экспериментального стенда;
2. График результатов измерения расстояния без отражательным методом в зависимости от ориентации отражающей поверхности

Руководитель проекта


18.04.23г.
(подпись, дата)

В.И. Зайков

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

ПАСПОРТ

(техническое описание) проекта

«Исследование и оценка точности безотражательного метода измерения расстояния на базе электронного тахеометра SET650RX, iM50»

Руководитель проекта


18.04.2023.
(подпись, дата)

В.И. Зайков

Комсомольск-на-Амуре 2023

Содержание

1	Общие положения	7
1.1	Наименование проекта (изделия)	7
1.2	Наименования документов, на основании которых ведется разработка проекта	7
1.3	Перечень организаций, участвующих в разработке изделия	7
1.4	Сведения об использованных при проектировании нормативно-технических документах	8
2	Назначение и теоретическое обоснование проекта.....	9
2.1	Назначение проекта (изделия).....	9
2.2	Области использования проекта (изделия)	9
2.3	Теоретическое обоснование проекта (изделия)	9
3	Техническое описание и характеристика аппаратно-программного комплекса проекта.....	14
4	Методика реализации проекта	20
5	Анализ результатов, полученных в процессе реализации проекта	23
6.	Заключение.	23

Общие положения

Настоящий паспорт (техническое описание) является документом, предназначенным для ознакомления с основными техническими параметрами, интерфейсом аппаратно-программного обеспечения, технологией установки и эксплуатации разработанного проекта.

1.1 Наименование проекта(изделия)

Полное наименование проекта –

«Исследование и оценка точности безотражательного метода измерения расстояния на базе электронного тахеометра SET650RX, iM50»

1.2 Наименования документов, на основании которых ведется проектирование изделия

Разработка проекта «Исследование и оценка точности безотражательного метода измерения расстояния на базе электронного тахеометра SET650RX, iM50» осуществляется на основании требований и положений следующих документов:

- задание на разработку.

1.3 Перечень организаций, участвующих в разработке изделия

Заказчиком проекта «Исследование и оценка точности безотражательного метода измерения расстояния на базе электронного тахеометра SET650RX, iM50» является Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» (далее заказчик), находящийся по адресу: 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, Ленина пр-кт., д. 17.

Исполнителем проекта «Исследование и оценка точности безотражательного метода измерения расстояния на базе электронного тахеометра SET650RX, iM50» является конструктор студенческого

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.05000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		7

конструкторского/проектного бюро «Оптико-электронные методы в землеустройстве и кадастрах» (далее СКПБ), студент: Неведомский Артур Денисович, гр. 1КЗм-1

1.4 Сведения об использованных при проектировании нормативно-технических документах

При проектировании использованы следующие нормативно-технические документы:

ГОСТ 2.001-2013. Единая система конструкторской документации. Общие положения.

ГОСТ 2.102-2013. Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов.

ГОСТ 2.105-95. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.

ГОСТ 2.610-2006. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения эксплуатационных документов.

ГОСТ 2.004-88. Единая система конструкторской документации. Общие требования к выполнению конструкторских технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ.

ГОСТ 2.051-2006. Единая система конструкторской документации. Электронные документы. Общие положения.

ГОСТ 2.052-2006. Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения.

ГОСТ 2.601-2013. Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы.

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.05000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		8

2 Назначение и теоретическое обоснование проекта

2.1 Назначение проекта (изделия)

Оценка точности безотражательного метода измерения расстояния в технологии электронной тахеометрии.

Аппаратно- программный комплекс для реализации проекта состоит из следующих компонентов:

- электронный тахеометр SET650RX;
- программный модуль ПО SDR basic

2.2 Область использования проекта (изделия)

Оптоэлектронные методы измерения расстояний с использованием безотражательной технологии

2.3 Теоретическое обоснование проекта (изделия)

Оптоэлектронное измерение расстояний с использованием безотражательной технологии реализуются за счет двух основных методов:

- импульсный метод;
- фазовый метод;

Импульсный метод измерения расстояния основан на времени, в который измерительный сигнал передается от приемного передающего устройства к объекту и обратно. Зная скорость распространения электромагнитной волны v , вы можете определить расстояние как:

$$R = \frac{v \cdot \tau}{2} \quad (1)$$

где τ – время, измеряемое с момента подачи импульса на лазерный диод до момента приема отраженного сигнала.

Фазовый метод измерения расстояний основан на определении разности фаз посылаемых и принимаемых модулированных сигналов. В этом случае расстояние вычисляется по формуле:

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.05000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		9

$$R = \frac{\varphi_{2R} \cdot \nu}{4\pi \cdot f} \quad (2)$$

где φ_{2R} – разность фаз между опорным и рабочим сигналом;
 f – частота модуляции.

В формуле (3) φ_{2R} – можно разложить на целую и дробную часть, тогда эта формула примет вид:

$$R = \frac{\lambda}{2} (N + \Delta N) \quad (3)$$

где λ – длина волны ($\lambda = \nu/f$);

N – целое число уложений длин полуволен $\lambda/2$;

ΔN – дробная часть уложения длин полуволен в измеряемом расстоянии ($\Delta N = \varphi/2\pi$).

Режим работы фазоизмерительного устройства зависит от его температуры, при изменении которой фаза сигнала изменяется незначительно. Как следствие, точное задание фазы (нулевое местоположение) не может быть определено. Для этого измерения фазы повторяются на контрольном отрезке (калибровочной линии) внутри прибора. Нулевая точка может быть определена как разница в показаниях при измерении внешнего (от дальномера до объекта и обратно) и внутреннего (калибровочная линия) светового тракта, и она будет найдена тем точнее, чем меньше временной интервал между двумя измерениями [28].

Уравнение (3) называется основным уравнением фазового дальнометрии. В этом уравнении неизвестными значениями являются S и N , поэтому решить его напрямую невозможно. Задача определения числа N называется решением неоднозначности (или многозначности), для решения которой используется следующий метод. [16]:

- плавного изменения частоты;
- последовательных приближений;
- фиксированных частот;

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.05000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		10

– комбинированных частот.

Метод плавных изменений частот. Этот метод использует плавное изменение частоты модуляции. Суть этого метода заключается в том, что разность фаз $\varphi 2S$ изменяется при изменении частоты модуляции, и в диапазоне настройки можно выбрать частоту, при которой ΔN принимает одинаковое значение. Эти частоты расположены на равных расстояниях вдоль оси частот. В результате система формируется двумя уравнениями вида (4) и добавляется дополнительное. [16]:

$$n_{1-2} = N_1 - N_2 \quad (4)$$

где n_{1-2} – разность порядковых номеров частот f_1 и f_2 на частотной оси; N_1 и N_2 – порядковые номера частот.

Недостатком способа плавного изменения частоты является ограничение минимального измеряемого расстояния [16]:

$$R_{min} = \frac{\nu}{\Delta f} \quad (5)$$

где Δf – диапазон изменения частоты.

Метод последовательных приближений. Этот метод является разновидностью способа плавного изменения частоты. Суть этого метода состоит в том, чтобы рассчитать расстояние с помощью непрерывной аппроксимации следующей формулы:

$$R = \frac{\nu}{2\delta f} \quad (6)$$

где δf – разность смежных частот, у которых величина ΔN одинакова.

Сначала находят R , используя значение δf в начале частотного диапазона, которое является первым приближением. Расстояние R вычисляется в соответствии с формулой (6) с использованием разности между первой и третьей частотами, деленной на интервал $2\delta f$, и деления результата на 2. В следующем приближении используется интервал $3\delta f$ и т. д. до тех пор, пока частотный ин-

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.05000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		11

тервал в следующем измерении не будет отличаться от предыдущего частотного интервала менее чем на $\lambda/4$, т.е. расстояние станет известным с точностью, необходимой для точного определения числа N , на любой из рабочих частот в пределах всего диапазона модуляции [64].

Способ кратных частот. Для решения уравнения (4) необходимо приближенно знать R с точностью, которая обеспечит определение количества целых уложений полуволен N по формуле

Способ кратных частот. Чтобы решить уравнение (3), необходимо приближенно знать R с точностью, которая обеспечит определение количества целых уложений полуволен N по формуле [16]:

$$N = \frac{2R_{\text{прибл}}}{\lambda} - \Delta N \quad (7)$$

Погрешность определения числа N должна быть меньше 0,5, поэтому погрешность определения приблизительного значения R можно рассчитать по формуле [64]:

$$m_R = \frac{\lambda}{4} \quad (8)$$

В данном способе используют два метода разрешения неоднозначности:

- кратных частот;
- комбинационных частот.

Метод кратных частот. В этом методе используется m фиксированных частот, которые дают m независимых уравнений. Фиксированные частоты составляют ряд $f_1 > f_2 > f_3 > \dots > f_m$. Суть метода состоит в определении N по результатам измерения разности фаз на следующей более низкой частоте с использованием формулы:

$$N_{i-1} = \frac{\lambda_i}{\lambda_{i-1}} (N_i + \Delta N_i) - \Delta N_{i-1} \quad (9)$$

Где $i=(m, \dots, 4, 3, 2)$.

Целочисленную величину, равную:

$$k = \frac{\lambda_i}{\lambda_{i-1}} \quad (10)$$

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.05000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		12

называют коэффициентом неоднозначности, и она тем больше, чем точнее определяется ΔN .

Метод комбинационных частот. Этот метод также использует группу частот $f_1 > f_2 > f_3 > \dots > f_m$, но все они находятся в одном и том же порядке по последовательности $f_1 > (f_1 - f_m) > (f_3 - f_{m-1}) > \dots > (f_1 - f_2)$ дано. В этом случае разность результатов измерения фазы двух частот равна результату измерения разностной частоты.

Рассчитаем погрешность приблизительного расстояния комбинированным методом по формуле [64]:

$$m_R = k \frac{\lambda}{4} \quad (11)$$

где k определяется из выражения $k_{i,i+1} = \lambda_{i,i+1} / \lambda_i = f_i / (f_i - f_{i+1})$.

Погрешность определения длины волны, если задача решается при двух частотах, вычисляется по формуле [28]:

$$m_\lambda = \frac{m_N \lambda_1 \lambda_2}{4R^2 \sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_2^2}} \quad (12)$$

Если $m_N \leq 0,5$ и $\lambda_1 \approx \lambda_2$, то выражение (12) преобразуется к виду

$$m_\lambda = \frac{\lambda}{R^2 \sqrt{128}} \quad (13)$$

Из выражения (13) видно, что частота (длина волны) должна быть как можно стабильнее.

Комбинированный частотный метод. В этом методе используются два генератора частоты, настроенные на частоты f_1 и f_2 , а также генератор переменной частоты. Таким образом, в этом способе будет иметь место уравнение (4) для двух частот и уравнение (5), в котором число n_{1-2} известно, так как оно может быть вычислено при изменении частоты.

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.05000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		13

3 Техническое описание и характеристика аппаратно-программного комплекса проекта

Аппаратно- программный комплекс для реализации проекта состоит из следующих компонентов:

- электронный тахеометр SET650RX, IM-55;
- программный модуль ПО SDR basic

3.1 Техническое описание и характеристики электронного тахеометра SET650RX, IM-55.

Новая серия электронных тахеометров SOKKIA IM-50 является воплощением современных представлений о высоком качестве изготовления, надежности и комфорта. На протяжении 80 лет компания Topcon производит высококлассное геодезическое оборудование и благодаря объединению с компанией Sokkia значительно продвинулась в этом направлении. На сегодняшний день предприятия Topcon выпускают самые востребованные электронные тахеометры технического класса. Последняя разработка компании - электронный тахеометр Sokkia IM-50 получил новый мощный безотражательный дальномер с улучшенными точностными характеристиками (1,5 мм + 2 ppm на призму, 2,0 мм + 2 ppm без отражателя) и возможностью измерять расстояния без отражателя до 500 м.

Новая, более совершенная аппаратная архитектура электронного тахеометра Sokkia серии IM – 50 размещается в легком, компактном корпусе весом 5,3 кг. Алфавитно-цифровая клавиатура модернизирована для более комфортного управления, а позиционный джойстик разделен на четыре отдельных сегмента для исключения случайных нажатий.

Внутренняя память на 50 000 точек (с возможностью хранения в 99 файлах работы) в сочетании с USB накопителем предоставляют широкие возможности для надежного хранения и обмена данными с внешними устройствами. В новую серию электронных тахеометров SOKKIA iM-50

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.05000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		14

устанавливается хорошо зарекомендовавшее себя, по предыдущим моделям SOKKIA, программное обеспечение SDR Basic.

Встроенное программное обеспечение SDR Basic содержит все необходимые вычислительные задачи для применения тахеометров SOKKIA iM-50 в строительстве, маркшейдерском деле, землеустройстве, топографии, при проведении изысканий и многих других приложениях.

Все модели серии iM полностью защищены от попадания пыли и влаги.

Ключевые преимущества:

- Наивысший в отрасли класс защиты IP66 гарантирует работоспособность тахеометра в условиях повышенной влажности и сильной запыленности
- Низкое энергопотребление. Время работы от одного Li-Ion аккумулятора 14 часов в режиме измерения расстояний каждые 30 секунд
- Уверенные измерения без отражателя до 500 метров на различные поверхности
- Высокая точность измерения расстояний (1,5 мм + 2 ppm на призму, 2 мм + 2 ppm без отражателя)
- Время измерения расстояний менее 1 секунды
- Безотражательный дальномер позволяет легко выполнять измерения сквозь препятствия и на объекты небольшого размера, благодаря ультратонкому лазерному лучу.
- Двухосевой компенсатор с диапазоном работы +/- 6'
- Клавиша быстрого перехода в режим настроек на клавиатуре
- Переключение режима работы «без отражателя» – «призма» – «пленка» с помощью одной кнопки
- Подсветка сетки нитей, дисплея и клавиатуры для работы в сумерках
- Память: внутренняя (50000 точек) + внешняя (USB flash диск до 32 Гб)

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.05000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		15

- Лазерный центрир (дополнительная опция)
- Возможность настройки пользователем раскладки клавиатуры (позволяет присвоить нужное значение любой программной клавише)
- Возможность использования списка кодов (вкл экспорт/импорт списка)
- Поддержка форматов SOKKIA SDR33 / TOPCON raw, xyz, gt7, pnt
- Бесплатное ПО для экспорта в AutoCAD

Общий вид электронного тахеометра представлен на рис.1



Рис. 1 Общий вид электронного тахеометра SET650RX, IM-55

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.05000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		16

3.2 Характеристика программного модуля ПО SDR basic

Программный модуль ПО SDR basic обеспечивает реализацию следующих режимов контрольно-измерительных работ:

- Топография,
- Вынос в натуру координат, линий и дуг,
- Обратная засечка ,
- Высота недоступного объекта,
- Круговые приемы,
- Определение недоступного расстояния,
- Проекция точки на линию,
- Вычисление площади,
- Измерения со смещением,
- Уравнивание теодолитного хода,
- Вычисление пересечений,
- Базовая линия,
- Съёмка поперечников,
- Трасса.

3.3 Общая характеристика без отражательного способа измерения расстояний

Без отражательный способ измерения расстояния достаточно широко используется в оптико-электронной дальнометрии. В этом случае конечная точка измерения обычно располагается на поверхности с определенным коэффициентом отражения электромагнитного излучения. Поскольку численное значение этого параметра существенно ниже, чем у специальных отражающих пленок или призм, то мощность используемых источников лазерного излучения достигает величин порядка 10 мВт. Оптико-электронная схема передатчика представляет собой двухканальную конфигурацию. Исходное лазерное излучение модулируется по заданному алгоритму в определенном частотном диапазоне, а затем с помощью оптического делителя распределяется по двум

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.05000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		17

каналам соосно направлению оси визирования. Подобное схемное решение характерно как для импульсного, так и для фазового метода дальномерных измерений, что позволяет использовать многопараметрический подход при обработке результатов. Один из двух каналов располагается внутри устройства и содержит оптико-электронный блок регистрации и обработки параметров так называемого «начального» электромагнитного сигнала. Электромагнитное излучение, распространяющееся по второму каналу, формируется оптической системой дальномера в направлении линии визирования до отражающей поверхности. После отражения в обратном направлении распространяется лишь незначительная, по сравнению с исходной, часть электромагнитного излучения, которое регистрируется фотодетектором приемника в виде отраженного электромагнитного сигнала. Данное обстоятельство накладывает дополнительные требования к процессу совместной обработки начального и отраженного электромагнитного сигнала. Поэтому в ходе сравнительного анализа характеристик начального и отраженного электромагнитного сигнала кроме фазового сдвига и временного интервала между ними, регистрации подлежит ряд дополнительных параметров:

- характер изменения мощности (амплитуды) отраженного сигнала;
- ширина импульса отраженного сигнала;
- частота повторения импульса отраженного сигнала. Отношение ширины импульса отраженного сигнала к частоте его повторения позволяет рассчитать величину рабочего цикла отраженного сигнала. При фиксированном значении мощности отраженного сигнала наиболее высокая чувствительность детектирования достигается за счет использования более низкой частоты повторения импульса. С другой стороны, при уменьшении ширины импульса, обеспечивается более точная его индикация на шкале временного интервала, что снижает погрешность его измерения. Таким образом, оптимизация процесса измерения в целом может быть реализована за счет корректирования

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.05000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		18

данных параметров. В конечном итоге, методика многопараметрического анализа, реализуемая в технологии System Analyser, позволяет объединить преимущества импульсного и фазового метода дальнометрии, что в свою очередь, обеспечивает погрешность однократного измерения дистанции равную $1 \text{ мм} + 1,5 \text{ ppm}$ при измерении на призму и $2 \text{ мм} + 2 \text{ ppm}$ в без отражательном режиме по ISO 17123-4 [2].

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.05000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		19

4 Методика реализации проекта

4.1 Техническая характеристика экспериментального стенда и методики исследования

В данной работе рассматриваются результаты анализа методики измерения расстояний безотражательным методом в условиях изменения ориентации плоской отражающей поверхности относительно линии визирования. Для выполнения исследования разработана схема и реализован монтаж экспериментального стенда. В состав экспериментального стенда входят следующие блоки:

- электронный тахеометр фирмы Sokkia SET650RX;
- поворотная платформа с угломерным устройством. Дальномерный блок тахеометра выполнен по схеме соосной фазоконтрастной измерительной системы. На поворотной платформе установлена плоскопараллельная пластина с отражающей поверхностью белого цвета по стандарту Kodak Gray Card с 90% коэффициентом отражения при нормальных условиях освещенности. Для визирования на отражающую поверхность нанесена целевая марка в виде перекрестия вертикальной и горизонтальной линий. Центр целевой марки, в этом случае, является точкой наблюдения на отражающей поверхности при визировании. Конструкция узла плоскопараллельной пластины должна обеспечивать возможность линейного смещения центра целевой марки в двух взаимно перпендикулярных направлениях относительно оси вращения поворотной платформы.

Предварительный этап настройки экспериментального стенда состоит в выполнении следующих операций:

- центр целевой марки необходимо зафиксировать на оси вращения поворотной платформы;

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.05000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		20

- плоскость отражающей поверхности в исходном положении должна быть ориентирована перпендикулярно линии визирования. Выполнение данных требований предварительной настройки обеспечивает неизменность измеряемого расстояния с пространственно-геометрической точки зрения. Общая схема экспериментального стенда показана на рис.2.



Рисунок 2 – Общая схема экспериментального стенда для исследования безотражательного метода измерения расстояний.

- 1- электронный тахеометр; 2- отражающая поверхность на поворотной платформе

4.2 Методика и результаты измерения

Методика исследования представляет собой цикл последовательных измерений расстояния в без отражательном режиме с изменением ориентации плоскости отражающей поверхности относительно линии визирования. Ориентирование плоскости отражающей поверхности относительно линии визирования осуществляется за счет вращения поворотной платформы на фиксированное значение с угловым интервалом равным 10^0 . Полученные результаты в графическом виде представлены на рис.3.

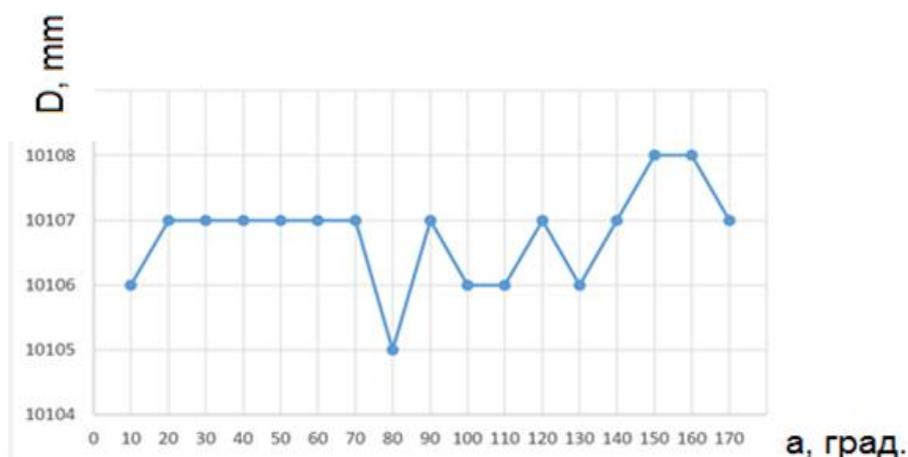


Рисунок 3 – Результаты измерения расстояния без отражательным методом в зависимости от ориентации отражающей поверхности

5. Анализ результатов, полученных в процессе реализации проекта

Анализ полученных результатов показывает, что численное значение расстояния изменяется в зависимости от угла поворота отражающей поверхности в интервале от 10105,0 мм (минимальное значение) до 10108,0 мм (максимальное значение). В соответствии с техническими параметрами электронного тахеометра фирмы Sokkia SET650RX погрешность измерения расстояния без отражательным методом составляет величину равную $\pm 3 \text{ мм} + 2 \text{ ppm}$. Таким образом, на основании полученных результатов, можно сделать вывод, что угловой разворот отражающей поверхности не оказывает существенного влияния на точность результатов измерения расстояния без отражательным методом.

6. Заключение

В процессе выполнения проекта цель и поставленные задачи реализованы в полном объеме. На высоком техническом уровне решены следующие вопросы:

- анализ проблемы и теоретическое обоснование проекта;
- изучение интерфейса аппаратно-программного комплекса проекта;
- разработка методики исследования, комплектация и сборка экспериментального стенда.
- производство контрольно-измерительных работ, расчет и обработка полученных результатов.

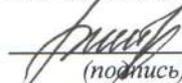
					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.05000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		23

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела ОНиПКРС

 Е.М. Димитриади
(подпись)

« 17 » 04 20 23 г.

Декан ФКС

 Н.В. Гринкруг
(подпись)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

 А.В. Космынин
(подпись)

« 18 » 04 20 23 г.

АКТ

о приемке в эксплуатацию проекта

«Исследование и оценка точности безотражательного метода измерения расстояния на базе электронного тахеометра SET650RX, iM50»

г. Комсомольск-на-Амуре « » апреля 2023 г.

Комиссия в составе представителей:

со стороны заказчика

- В.И. Зайков – руководитель СКПБ,
- Н.В. Гринкруг – декана ФКС

со стороны исполнителя

- В.И. Зайков – руководителя проекта,

Неведомский Артур Денисович, ответственный исполнитель проекта

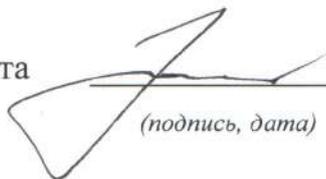
гр.1КЗм-1

составила акт о нижеследующем:

«Исследование и оценка точности безотражательного метода измерения расстояния на базе электронного тахеометра SET650RX, iM50» , в составе:

- ПАСПОРТ(техническое описание) проекта

Руководитель проекта



(подпись, дата)

В.И. Зайков

Отв. исполнитель проекта



(подпись, дата)

А.Д. Неведомский