

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

ООО «ИНЕРТЕХ»

197022 Санкт-Петербург, ул. Инструментальная д. 6

ИНН 7813482900 КПП 781301001

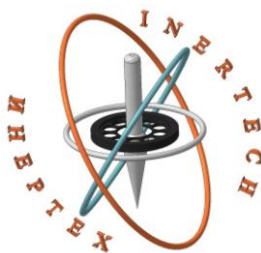
8 (981) 812-42-71

www.inertech-ltd.com

**Система бесконтактного измерения
углового положения
(СБИУП)**

Руководство по эксплуатации





**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
ООО «ИНЕРТЕХ»**

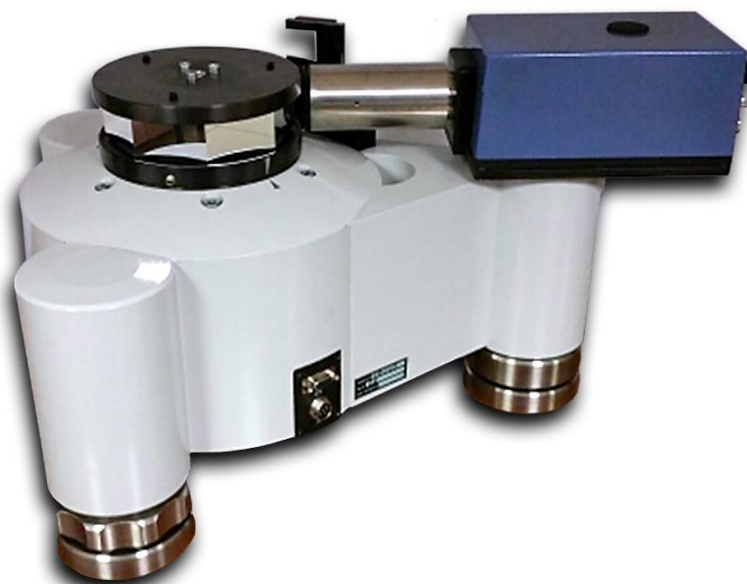
197022 Санкт-Петербург, ул. Инструментальная д. 6
ИНН 7813482900 КПП 781301001

8 (981) 812-42-71

www.inertech.org

**Система бесконтактного измерения углового положения
(СБИУП)**

Руководство по эксплуатации



СОДЕРЖАНИЕ

1 НАЗНАЧЕНИЕ.....	3
2 КОМПЛЕКТНОСТЬ ИЗДЕЛИЯ.....	3
3 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗДЕЛИЯ.....	3
4 УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ СБИУП	4
5 УСТРОЙСТВО И РАБОТА ИЗДЕЛИЯ	4
6 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	14
7 ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ.....	18
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	25
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	28

1 НАЗНАЧЕНИЕ

Система бесконтактного измерения углового положения (СБИУП) предназначена для измерения углового положения внешнего сканирующего зеркала.

2 КОМПЛЕКТНОСТЬ ИЗДЕЛИЯ

Комплектность СБИУП приведена в таблице 1.

Таблица 1

Наименование	Количество	Примечания
Персональный компьютер (ноутбук)	1	Интерфейс RS485, операционная система Windows 10.
Оптико-механический блок	1	
Блок питания	1	
Комплект соединительных кабелей	1	
Руководство по эксплуатации	1	
Компакт-диск с программным обеспечением	1	

3 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗДЕЛИЯ

Технические характеристики СБИУП приведены в таблице 2.

Таблица 2

	Наименование параметра	Значение параметра
1	Диапазон измерения угла, не менее	20
2	Частота измерений, не менее Гц	20
2	Суммарная средняя квадратическая погрешность результата измерения, "	0,25
4	Расстояние от контролируемого зеркала до грани призмы, м, не более	0,25
5	Напряжение питания, В	220±20
6	Потребляемая мощность, не более, Вт	100

Контролируемое зеркало должно удовлетворять следующим требованиям:

- шероховатость: 0.032 мкм;
- неплоскостность: $\lambda/10$.

4 УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ СБИУП

Условия эксплуатации системы должны удовлетворять следующим требованиям.

- а) Напряжение питания блока электроники должно соответствовать величине 220 ± 20 В, 50 Гц
- б) Климатические условия функционирования СБИУП:
 - температура окружающего воздуха 15...25 °С;
 - относительная влажность окружающего воздуха до 85% при температуре окружающей среды +25 °С.
- с) СБИУП готова к эксплуатации через 5 минут после его включения.

5 УСТРОЙСТВО И РАБОТА ИЗДЕЛИЯ

5.1 Блок – схема СБИУП

Блок-схема СБИУП представлена на рисунке 1.

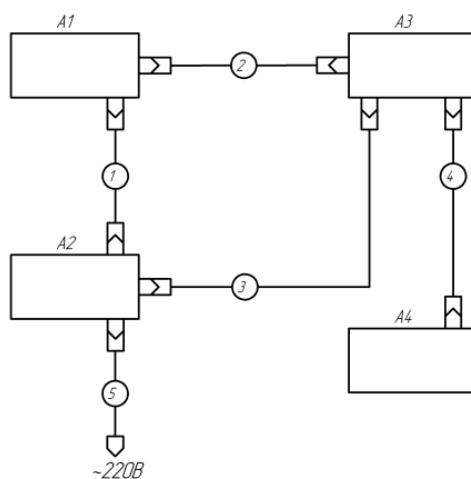


Рис.1 - Блок схема СБИУП

СБИУП состоит из оптико-механического блока (А1), на котором установлен оптический нуль индикатор (А3), блока питания (А2) и персонального компьютера (А4).

5.1.1 Принцип работы СБИУП-2

На общем валу оптико-механического блока (ОМБ), приводимом в движение двигателем, закреплены оптический датчик угла (ОДУ) и оптический полигон. Оптический полигон (ОП) соединяется с валом при помощи механического интерфейса (оправки). На основании ОМБ жестко закреплен нуль-индикатор (НИ) автоколлимационного типа.

Принцип работы СБИУП поясняется на рисунке 2.

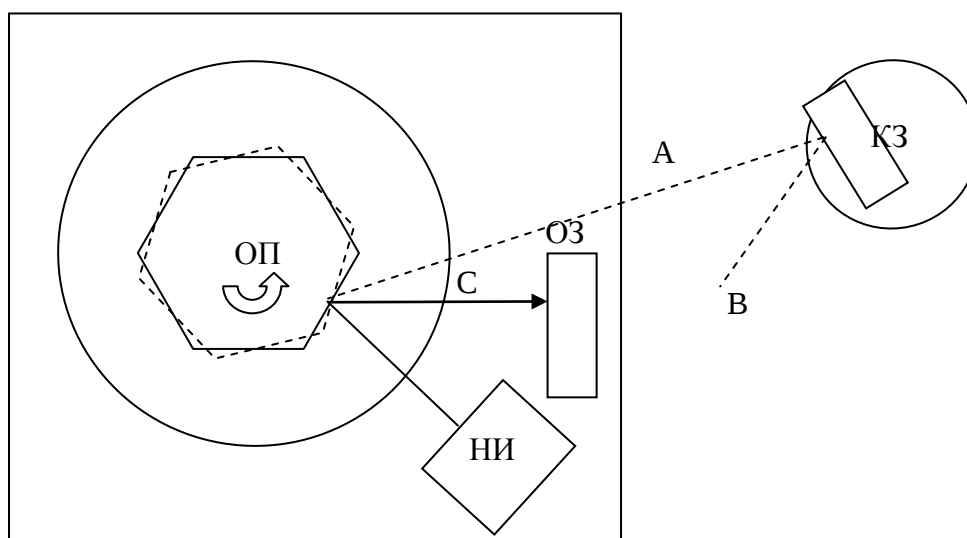


Рис. 2 - Принцип работы СБИУП

Измерение плоского угла происходит за счет поворота сканирующего светового луча оптическим полигоном (ОП), вращающимся совместно с ОДУ. Оптическим путем задаются три направления: направление, характеризующее положение опорного зеркала С; направление, характеризующее положение контролируемого объекта В; направление А, сканируемое с некоторой угловой скоростью. За опорное

направление C принимается нормаль к неподвижной поверхности опорного зеркала (ОЗ). Направлением, определяющим угловое положение объекта, является нормаль к отражающей поверхности контролируемого зеркала (КЗ), установленного на объекте. Сканируемое направление A жестко связано с элементом сканирования (ОП). При сканировании светового луча НИ направление A в некоторые моменты времени совпадает с направлениями C и B . Сканирование обеспечивается за счет вращения ОП. При вращении ОП световой пучок нуль-индикатора, установленного на неподвижном основании, падает на грань ОП и при отражении осуществляет сканирование в плоскости, ортогональной оси вращения. В моменты нормального падения светового луча на опорное зеркало или контролируемое зеркало НИ вырабатывает выходной сигнал квазитреугольной формы. Выходной сигнал поступает в плату обработки сигналов, где производится выделение центра тяжести и формирование угловых интервалов на основе подсчета периодов выходного сигнала ОДУ.

5.1.2 Диапазон измеряемых углов

При больших значениях диапазона сканирования диапазон измеряемых углов определяется расстоянием L_0 (рисунок 3) от элемента сканирования до контролируемого зеркала, его диаметром M и радиусом R_3 , на котором находится зеркало по отношению к центру вращения объекта:

$$\Delta\psi_c = 2\arctg\left(\frac{M - 2d}{2(L_0 + R_3)}\right).$$

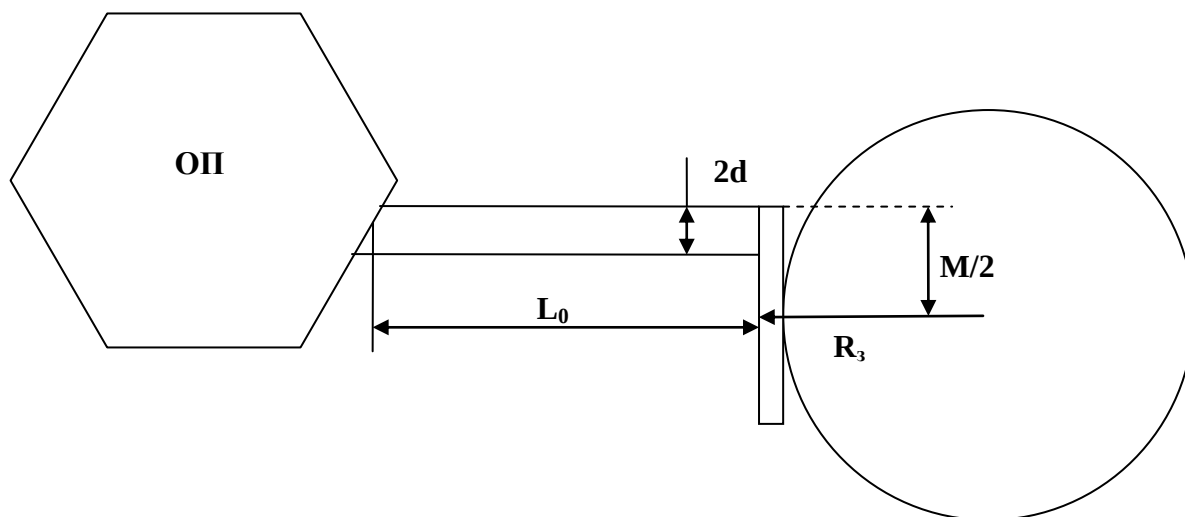


Рис. 3

При малых диапазонах сканирования, когда выполняется условие

$$\Delta\psi_c \leq 2\arctg\left(\frac{M - 2d}{2(L_o + R_3)}\right),$$

диапазон измеряемых углов равен диапазону сканирования.

5.2 Состав СБИУП

5.2.1 Оптико-механический блок

На рисунке 4 показана схема оптико-механического блока, который состоит из механического блока (1), сканирующей многогранной оптической призмы (2), опорного зеркала (3), оптического нуля индикатора (4).

На рисунках 4, 5 представлен механический блок.

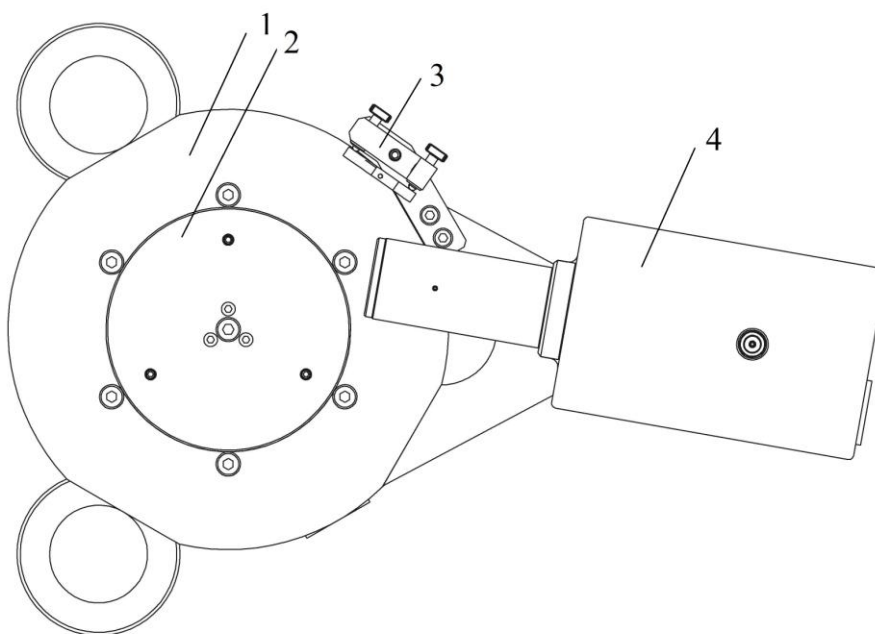


Рис. 4 – Механический блок СБИУП

(1 – механический блок, 2 – сканирующая призма, 3 – опорное зеркало, 4 – оптический нуль индикатор)

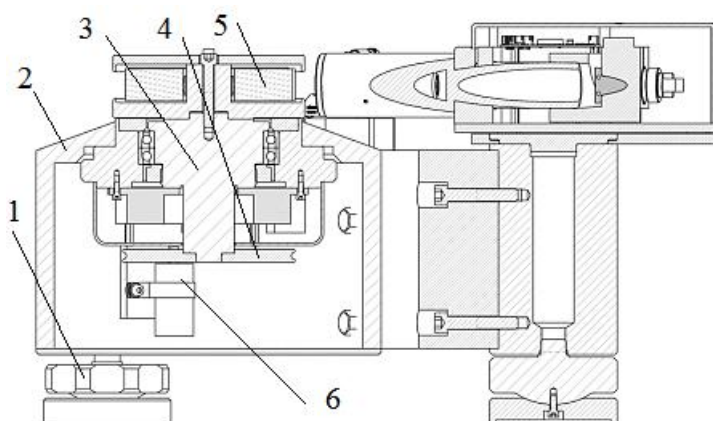


Рис. 5 - Механический блок СБИУП

Механический блок имеет 3 установочных ноги (1) с возможностью регулировки по высоте. Корпус блока (2) изготовлен из алюминия. Внутри корпуса установлен подшипниковый узел, в котором закреплен шпиндель (3). На шпинделе жестко закреплена измерительная решетка (4) оптического датчика угла и сканирующая призма (5). Считывающие головки оптического датчика угла установлены на корпусе механического блока. Двигатель (6) осуществляет вращение шпинделя.

Оптический датчик угла (ОДУ) и нуль-индикатор являются основными составляющими оптико-механического блока. Двигатель необходим для реализации динамического метода лазерной гониометрии.

5.2.1.1 Оптический датчик угла

ОДУ состоит из измерительной решетки, которая устанавливается на ротор углоизмерительной установки, оптической системы, двух измерительных головок с индикаторными решетками и головки нулевой метки, установленных на статоре датчика.

Оптическая схема модулирующего звена ОДУ представлена на рисунке 6.

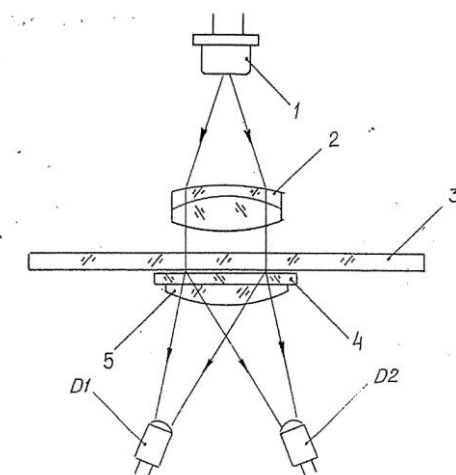


Рис. 6 - Оптическая схема модулирующего звена ОДУ

Измерительная решетка (3) представляет собой стеклянный диск, на котором в виде кольцевой дорожки нанесена штриховая периодическая структура. Индикаторная решетка (4) содержит сегмент кольцевой дорожки. Период индикаторной решетки вдвое меньше периода измерительной решетки.

Постоянное излучение от источника света (1), сформированное объективом (2), пройдя через измерительную (3) и индикаторную (4) решетки при угловом перемещении одной решетки относительно другой,

преобразуется в модулированный поток излучения. Модулированный световой поток преобразуется фотодиодами (D1, D2) в электрические синусоидальные сигналы, число периодов которых пропорционально измеряемому угловому перемещению.

Принцип работы ОДУ основан на модуляции света двумя дифракционными решетками, одна из которых перемещается относительно другой.

Световой пучок от полупроводникового лазера 1, коллимированный объективом 2, падает перпендикулярно на измерительную решетку 3. За этой решеткой образуются когерентные пучки A1 нескольких дифракционных порядков. После прохождения индикаторной решетки дифракционные порядки A11+ и A11- пространственно совмещаются (пучки A21+ и A21-) и интерферируют. Индикаторная решетка выполнена так, что падающий на нее порядок A11+ (A11-) расщепляется на два приблизительно равных по интенсивности порядка. В результате глубина модуляции выходного пучка A21+ (A21-) близка к 100%. Благодаря полной симметрии схемы дифракции выходные пучки модулируются с равной амплитудой и глубиной модуляции. Выходные пучки A21+ и A21- собираются конденсорной линзой 5 соответственно на фотодиодах D1 и D2. Фотодиод преобразует модулированный по интенсивности световой поток в однополярный токовый сигнал. Сигналы S1 и S2, генерируемые фотодиодами, модулируются противофазно.

Высокая точность и разрешение достигаются благодаря применению прецизионной голографической радиальной дифракционной решетки с числом штрихов 162 000. Оптическая схема преобразователя обеспечивает синусоидальную модуляцию светового потока с числом периодов 324 000 за один оборот.

Отсчет числа периодов сигналов с измерительных головок осуществляется от нулевой метки. Нуль-метка обеспечивает возможность определения и учета систематической погрешности преобразователя.

5.2.1.2 Электроника оптико-механического блока

Блок схема электроники, входящей в оптико-механический блок, показана на рисунке 7. Электроника оптико-механического блока состоит из электронной платы ОДУ (А1), платы формирования TTL сигналов ОДУ (А2) и двигателя постоянного тока (А3). Схема электрическая общая приведена в Приложении 1.

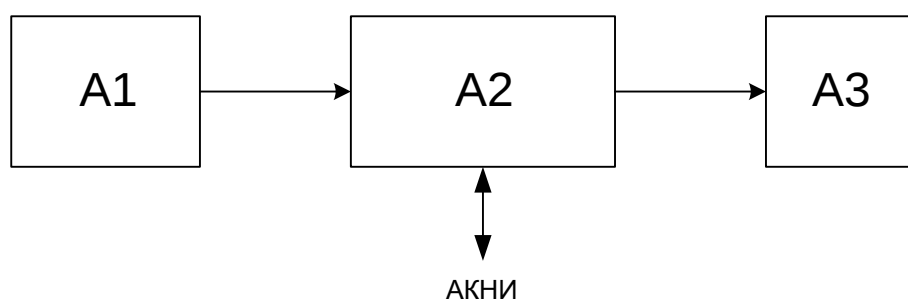


Рис.7 – Блок схема электроники (оптико-механический блок)

Аналоговый сигнал с измерительных головок ОДУ амплитудой 1 В поступает на плату формирования (А2), где он преобразуется в TTL сигналы дифференциальной формы, которые передаются в устройство регистрации сигналов, расположенное в АКНИ.

Подача напряжения на двигатель (А3) осуществляется оператором с компьютера СБИУП.

На корпусе оптико-механического блока находятся разъемы:

«ДУ» - выход сигналов с датчика угла, предназначен для связи с оптическим модулем;

«М» - вход питающих напряжений с блока питания.

5.2.2 Оптический нуль индикатор

5.2.2.1 Оптический модуль

Оптический ноль индикатор автоколлимационного типа (АКНИ) состоит из оптического модуля и электроники.

Вид оптического модуля АКНИ показан на рис. 8.

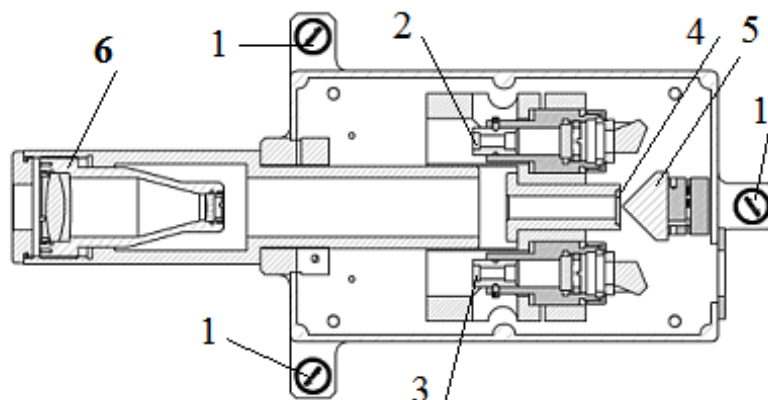


Рис. 8 - Вид оптического модуля АКНИ

АКНИ устанавливается на площадку механического блока и крепится к ней с помощью винтов АКНИ (1). АКНИ состоит из источника (2) и приемника (3) излучения, оптической марки (4), поворотной призмы (5), объектива (6). Излучение от источника (2) проходит через задающую щель, расположенную на марке (4), которая находится в фокусе объектива (6). Сформированный параллельный пучок света, отразившись от опорного (контролируемого) зеркала, возвращается обратно в объектив попадает на анализирующую щель, которая также находится на марке. Сформированное изображение поступает на фотоприемник (3), где происходит преобразование светового излучения в электрический сигнал, поступающий в электронный блок АКНИ.

5.2.2.2 Электроника АКНИ

Блок схема электроники, входящей в АКНИ, показана на рисунке 9. Электроника АКНИ содержит фотоприемник с предусилителем (А1), плату формирования сигнала (А2), включающую усилитель сигнала (1),

электронный делитель (2), устройство регистрации сигналов (УРС) (А3).
Схема электрическая общая АКНИ приведена в Приложении 1.

Электроника формирует сигнал АКНИ, определяет его центр тяжести, осуществляет счет периодов сигналов оптического датчика ОЕ1 и ОЕ2, производит интерполяцию, осуществляет связь с компьютером.

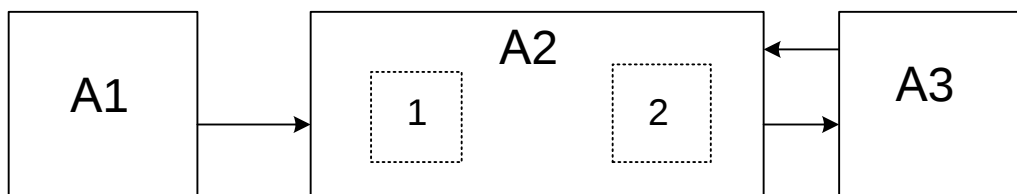


Рис. 9 - Блок схема электроники (АКНИ)

На задней поверхности АКНИ находятся разъемы:

«USB» - осуществляет связь с персональным компьютером;

«ДУ» - входные сигналы с датчика угла;

«УПР» - сигналы управления, осуществляет связь с блоком питания;

«CTRL» – выходной контрольный аналоговый сигнал с АКНИ, для наблюдения на осциллографе;

«SYNC» - входной сигнал начала скана (TTL, 5В).

Устройство регистрации сигналов

Блок схема УРС представлена на рис. 10.

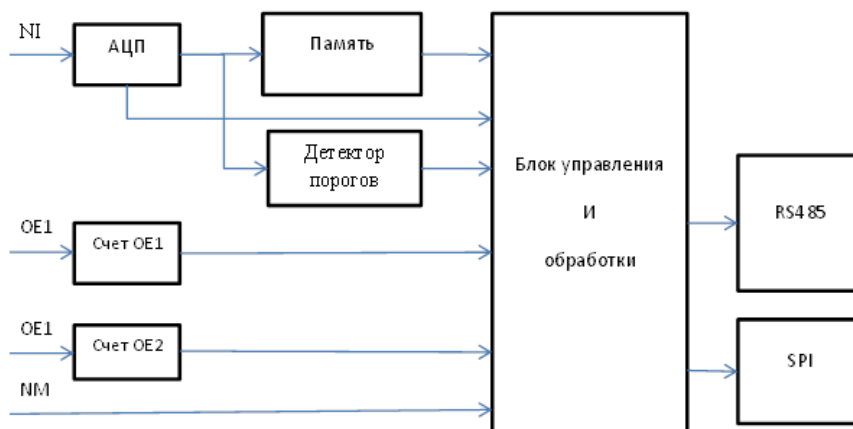


Рис.10 - Блок схема УРС

Основным узлом УРС является ПЛИС Xilinx Spartan-6 на которой реализована вся логика работы.

Аналоговый входной сигнал NI перед поступлением на АЦП предварительно отфильтровывается от высокочастотных шумов. Сигнал (NI) после модуля, обеспечивающего взаимодействие с АЦП, анализируется и обрабатывается блоком управления и обработки (УРС) следующим образом: если детектор порогов (ДП) выдал сигнал превышения уровня входного сигнала над заданным значением порога, происходит захват сигнала и значений счетчиков OE1 и OE2 в память до момента, когда уровень входного сигнала становится меньше заданного порога. После этого происходит анализ сигнала (поиск “центра”) и формируется выходной пакет содержащий значение полного числа импульсов (OE1 и OE2), их период, досчетные значения относительно “центра” импульса и временную привязку в микросекундах.

Взаимодействие блока УРС с ПК/БООИ осуществляется через интерфейс RS485.

6 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Исполняемый модуль «GoniometrPC.exe» предназначен для получения экспериментальных данных со СБИУП, содержащих информацию об угловом положении внешнего сканирующего зеркала. Программа имеет 4 режима работы, позволяет настраивать режим съема, записывать в файл результаты измерений, транслировать результаты измерений в программу Excell.

Основные функции программы:

Режимы работы:

Режим 1 выводит на экран результаты измерения основного и дополнительного углов в возрастающих значениях угла, получаемых от каждой грани сканирующей призмы, а также момент времени измерения.

Режим 2 выводит на экран результаты измерения основного измеряемого угла в угловых секундах и момент времени измерения; предназначен для работы при одиночном импульсе «СКАН». Приход импульса «Скан» обнуляет счетчик времени и выводит значение угла поворота шпинделя СБИУП в угловых секундах.

Режим 3 выводит на экран результаты измерения основного измеряемого угла в угловых секундах и момент времени измерения, а также номер импульса «СКАН», время прихода импульса и угловое положение; предназначен для работы при многократных импульсах «СКАН». Приход импульса «Скан» обнуляет счетчик времени и выводит значение угла поворота шпинделя СБИУП в угловых секундах.

Режим 4 выводит на экран усредненное за время измерения значение постоянного основного измеряемого угла. Предназначен для использования в режиме «Калибровка».

Краткое описание программы

Главный экран

Главный экран пользовательского интерфейса (см. рис. 11) содержит выпадающий список подключённых устройств и кнопку подключения к устройству «Соединить», кнопку обновления списка подключенных устройств , а также таблицу с результатом измерения, индикатор прогресса текущего измерения и кнопку старта измерения «Измерение» (до подключения к устройству не активны). Кроме того, до подключения к устройству так же неактивны кнопки «Вращение» (запуск вращения установки) и «Датчик» (включение инкрементного датчика).

Для запуска процесса измерения необходимо в выпадающем списке выбрать текущее устройство (при подключении к ПК нескольких устройств, иначе выбор будет произведён автоматически) затем нажать кнопку «Соединить». При успешном соединении главный экран примет вид рис. 11.

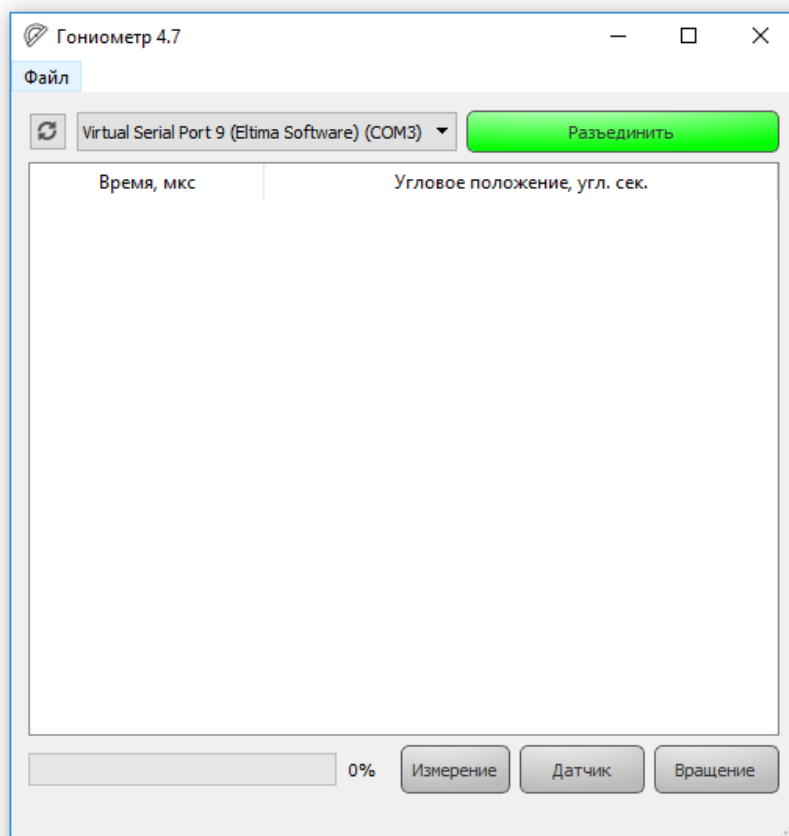


Рис. 11 - Главный экран после соединения с устройством

В случае ошибки, в строке статуса появится сообщение с кодом ошибки (см. рис. 12).

После нажатия кнопок «Датчик», «Вращение», «Измерение» запустится процесс измерения, начнёт расти индикатор прогресса и в таблице будут появляться результаты измерения. При необходимости, можно остановить измерение в любой момент, для этого необходимо нажать кнопку «Стоп», которая заменит кнопку «Измерение» в процессе измерения.

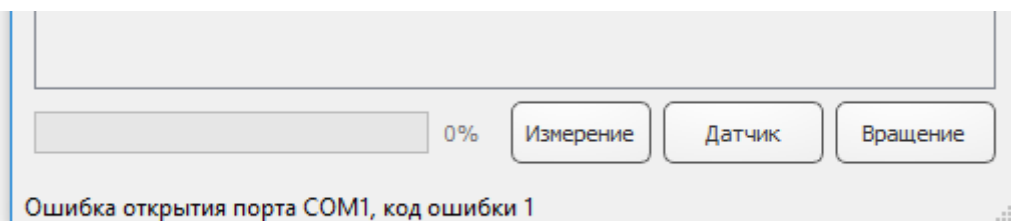


Рис. 12 - Пример отображения ошибки подключения

Для сохранения результатов в файл нужно в меню «Файл» (см. рис. 13) выбрать пункт «Сохранить измерение» или нажать сочетание клавиш «CTRL+S». Для повторного измерения нажмите «Начать», содержимое таблицы очистится и произойдёт сброс индикатора прогресса на начальное значение. Для экспортирования результатов измерения в MS EXCEL выберите пункт «Экспорт в Excel» или нажмите сочетание «CTRL+E».

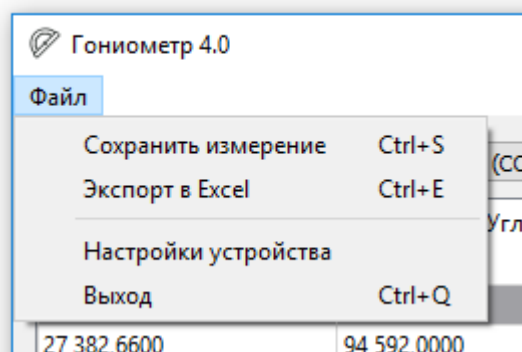


Рис. 13 - Меню «Файл»

Системные настройки

Для входа в системные настройки в меню «Файл» выберите пункт «Настройки устройства». В пользовательском режиме окно настроек отображается в сокращённом виде (см. рис. 14).

Пользовательский режим:

Продолжительность измерения, в миллисекундах. Порог срабатывания АЦП задаёт уровень детектирования входного сигнала в вольтах. Кроме того, предусмотрена возможность задать значение делителя частоты счёта импульсов. Режим работы, позволяет выбрать один из четырёх режимов работы установки. При активации опции вставлять отладочные данные в результирующий файл измерения, полученный при сохранении или экспорте в EXCEL, будут интегрированы данные для отладки измерительной системы.

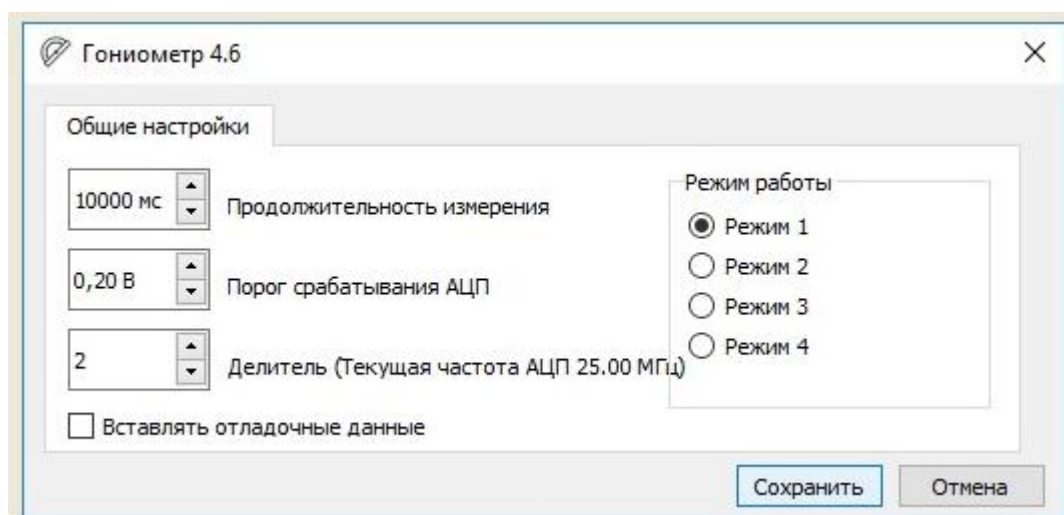


Рис. 14 - Настройки системы (пользовательский режим)

7 ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Подготовка к работе

7.1.1 Установите СБИУП на рабочем месте.

7.1.2 Соедините составные части СБИУП кабелями согласно схеме общей электрической, представленной в ПРИЛОЖЕНИИ 1.

7.1.3 Обеспечьте надежное заземление всех составных частей СБИУП.

7.2 Установка и юстировка

7.2.1. Установить ОМБ СБИУП и оптико-механический блок привода ПКР-Т (ОМБ ПКР-Т) на виброизолированный стол (ВИС).

7.2.2. БЭ СБИУП подключить к шине заземления.

7.2.3. Произвести подключение электрических кабелей в соответствии со схемой подключения (Приложение 1).

7.2.4 Произвести горизонтирование СБИУП при помощи теодолитов Т1 и Т2 совмещением оси вращения оптического полигона (ротора гониометра) с вертикалью места по одной грани призмы СБИУП, в соответствии со схемой, показанной на рисунке 15.

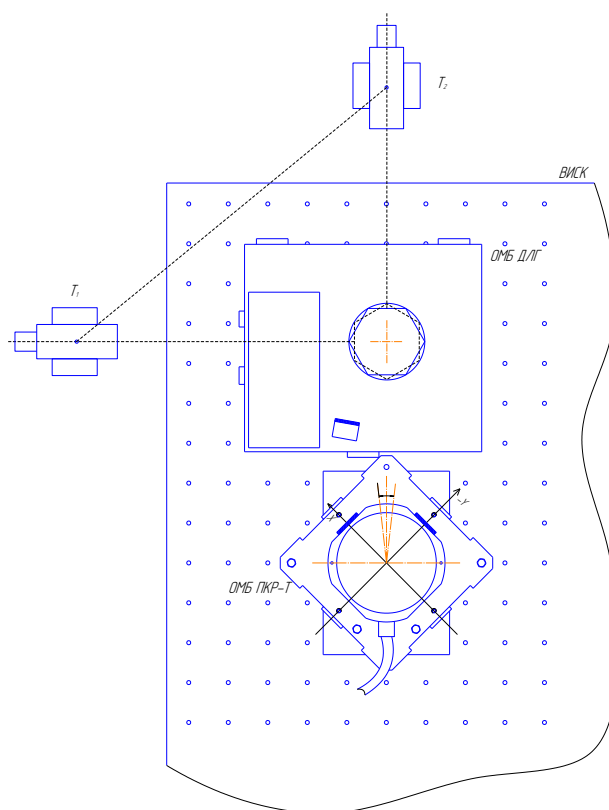


Рис. 15 - Горизонтирование СБИУП

7.2.5. Произвести горизонтирование ОМБ ПКР-Т относительно СБИУП при помощи теодолитов Т1 и Т2 по технологическим зеркалам ОМБ ПКР-Т и по опорному зеркалу СБИУП, с точностью не хуже $\pm 1'$, в соответствии со схемой, показанной на рисунке 16.

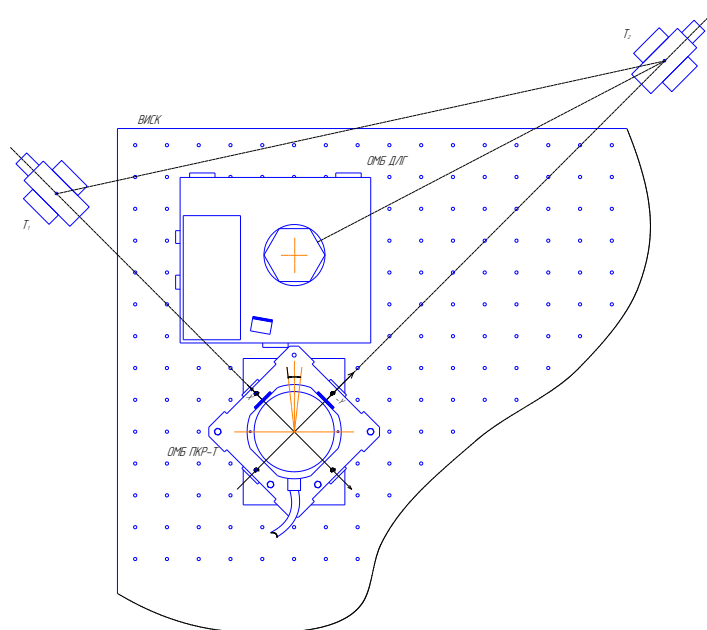


Рис. 16. Горизонтирование ОМБ ПКР-Т относительно ОМБ ДЛГ

7.2.6. Произвести оптическую привязку оси X системы координат прибора (СКП) ПКР-Т к опорному зеркалу СБИУП при помощи теодолитов Т1 и Т2, по технологическому зеркалу ОМБ ПКР-Т с точностью не хуже ± 5 , в соответствии со схемой, показанной на рисунке 17. Определить величины углов $\angle a$ и $\angle b$ и вычислить величину угла $\angle c$ по формуле:

$$\angle c = 180^\circ - (\angle a + \angle b) \quad (1)$$

Угол $\angle c$ является углом между осью X СКП ПКР-Т и нормалью опорного зеркала СБИУП.

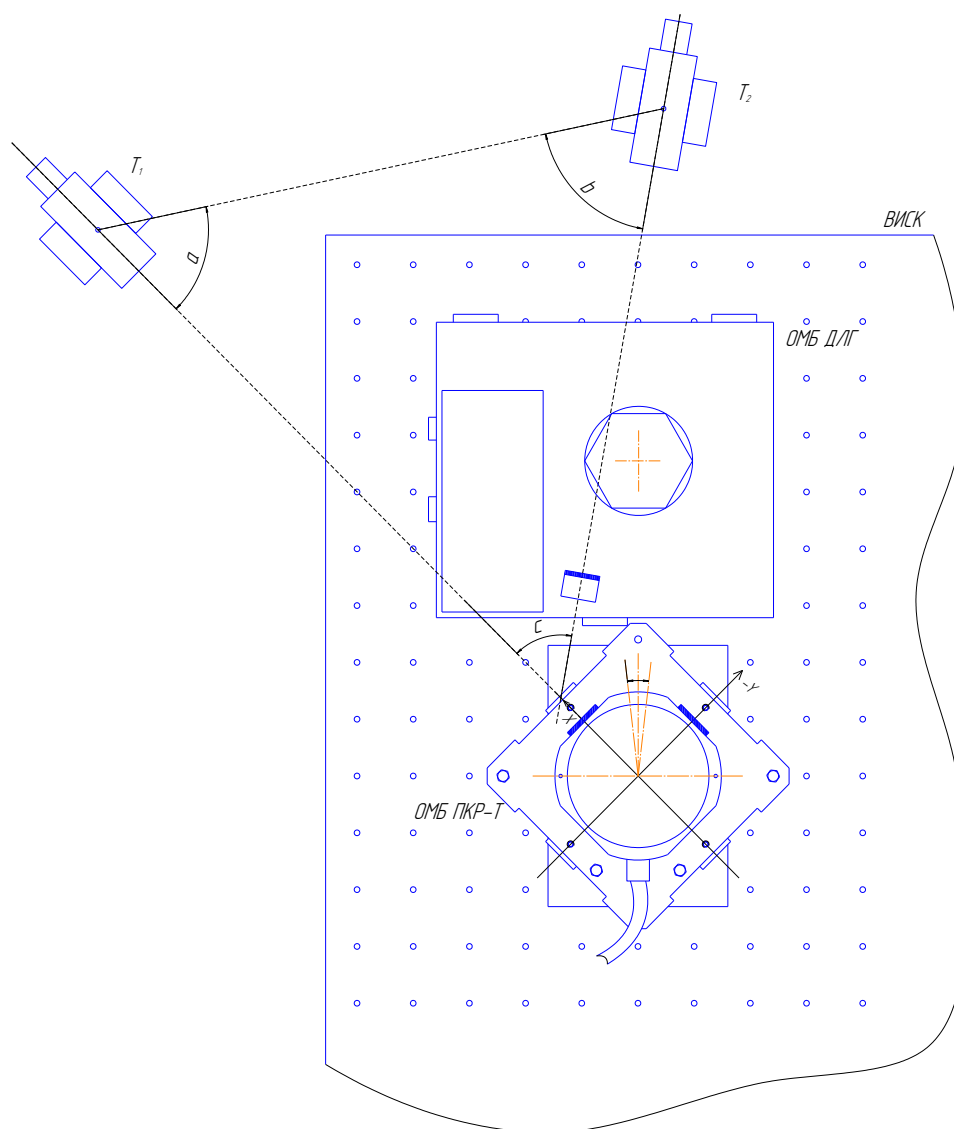


Рис.17 - Оптическая привязка оси X СКП ПКР-Т к опорному зеркалу СБИУП

7.3 Порядок работы

7.3.1 Включить ПК.

7.3.2 Включить БЛОК ЭЛЕКТРОННЫЙ тумблером POWER. Загорится индикатор кнопки "Power".

7.3.3. Запустить программу «GoniometrPC.exe. Нажать кнопку «Соединить». См. рис. 11.

7.3.4. Нажать кнопку «Файл» и выбрать условия съема и режим работы (см. рис.14).

Здесь можно задать время измерения в мкс; порог срабатывания аналого-цифрового преобразователя (на рисунке указано рекомендованное значение); делитель частоты дискретизации (на рисунке указано рекомендованное значение); выбрать режим работы.

Нажать кнопку «Сохранить».

7.3.5 Нажать кнопки: «Вращение» - шпиндель с установленной на нем сканирующей призмы начнет вращаться.

Нажать кнопку «Датчик».

Нажать кнопку «Измерение» - на экране появятся бегущие результаты измерения.

При начальном запуске измерение начинать после 5 мин прогрева СБИУП.

7.3.6 По завершению процесса измерения:

В режиме 1 см. рисунке. 18.

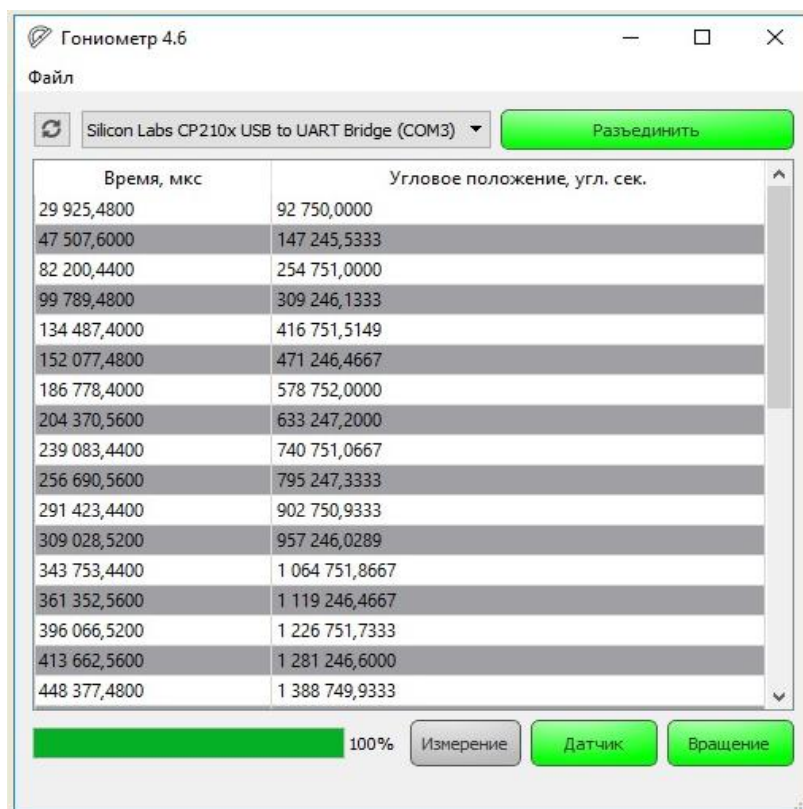


Рис. 18 – Завершение процесса измерения (режим 1)

В режиме 2 см. рис. 19.

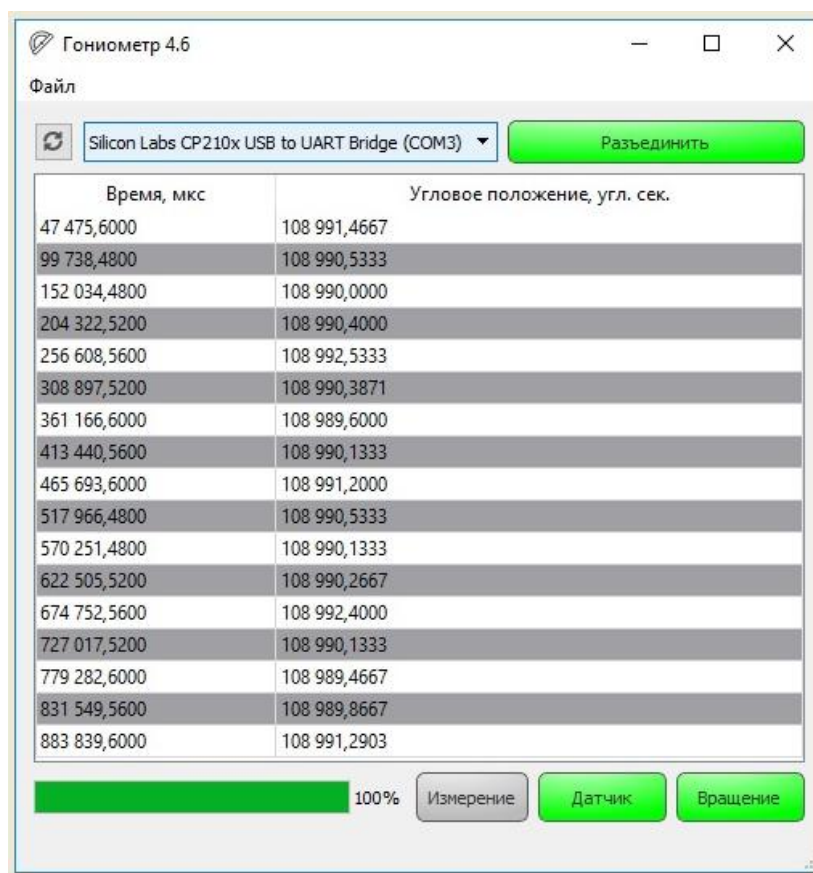


Рис. 19 - Завершение процесса измерения (режим 2)

В режиме 3 см. рис. 20.

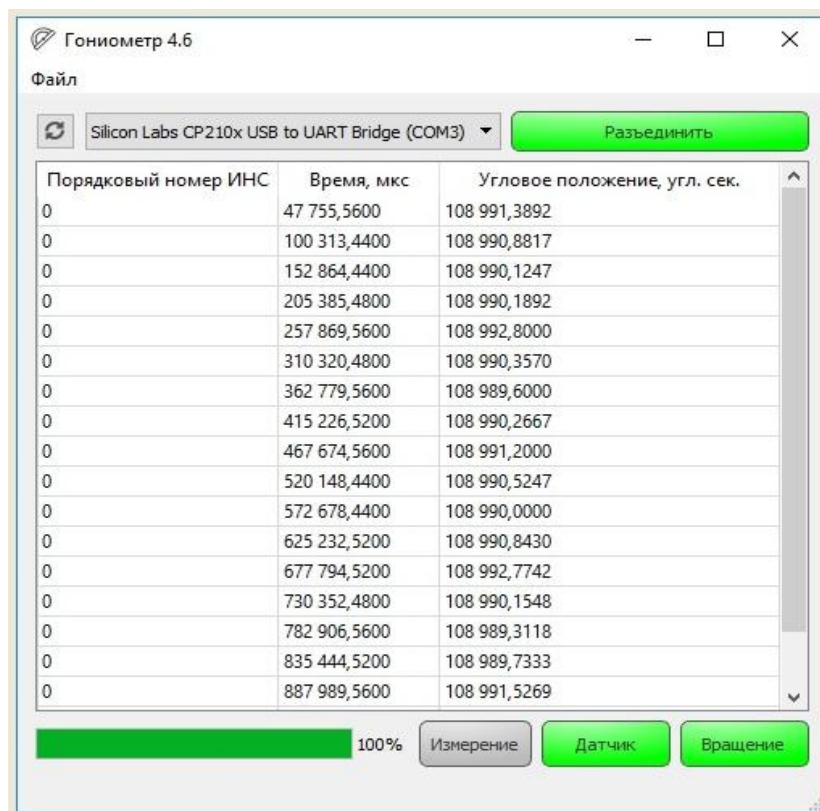


Рис. 20 - Завершение процесса измерения (режим 3)

В режиме 4 см. рис. 21.

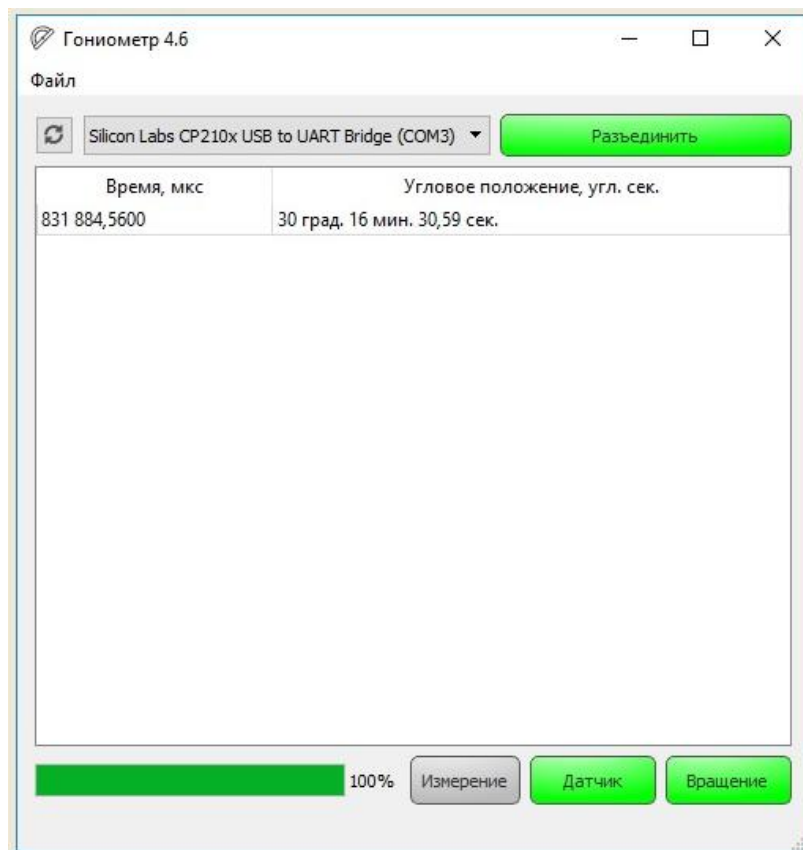


Рис. 21 - Завершение процесса измерения (режим 4)

7.3.7 Нажать кнопку «Файл», выбрать пункт «Сохранить измерение» (далее стандартные действия Windows) или выбрать пункт «Экспорт в Excel» результаты измерения появятся в таблице Excel.

7.4 Выключение СБИУП

- Нажмите кнопку «Датчик»;
- Нажмите кнопку «Вращение» - вращение сканирующей призмы прекратится;
- Нажмите кнопку «Разъединить»;
- Закройте все работающие в компьютере программы;
- Выключите ПК.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
СБИУП. Схема соединений

Инв. № подл.

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Справ. №

Перв. примен.

9Е 9006221073УВД
РВАЕ.401229.006

Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
A1	Оптика-механический блок РВАЕ.408116.001	1	
A2	Блок питания РВАЕ.469669.001	1	
A3	Цифр-индикатор РВАЕ.401219.001	1	
A4	Персональный компьютер	1	
1	Кабель РВАЕ.685611.001 СБ	1	
2	Кабель РВАЕ.685611.002 СБ	1	
3	Кабель РВАЕ.685611.003 СБ	1	
4	Кабель USB-A – miniUSB	1	покупное
5	Кабель сетевой	1	покупное

Изм.

Лист

№ докум.

Подп.

Догов.

Разработ.

Анализиров.

Проект.

Листов

1

Исполнит.

Лист

1

РВАЕ.401229.006 ЭБ

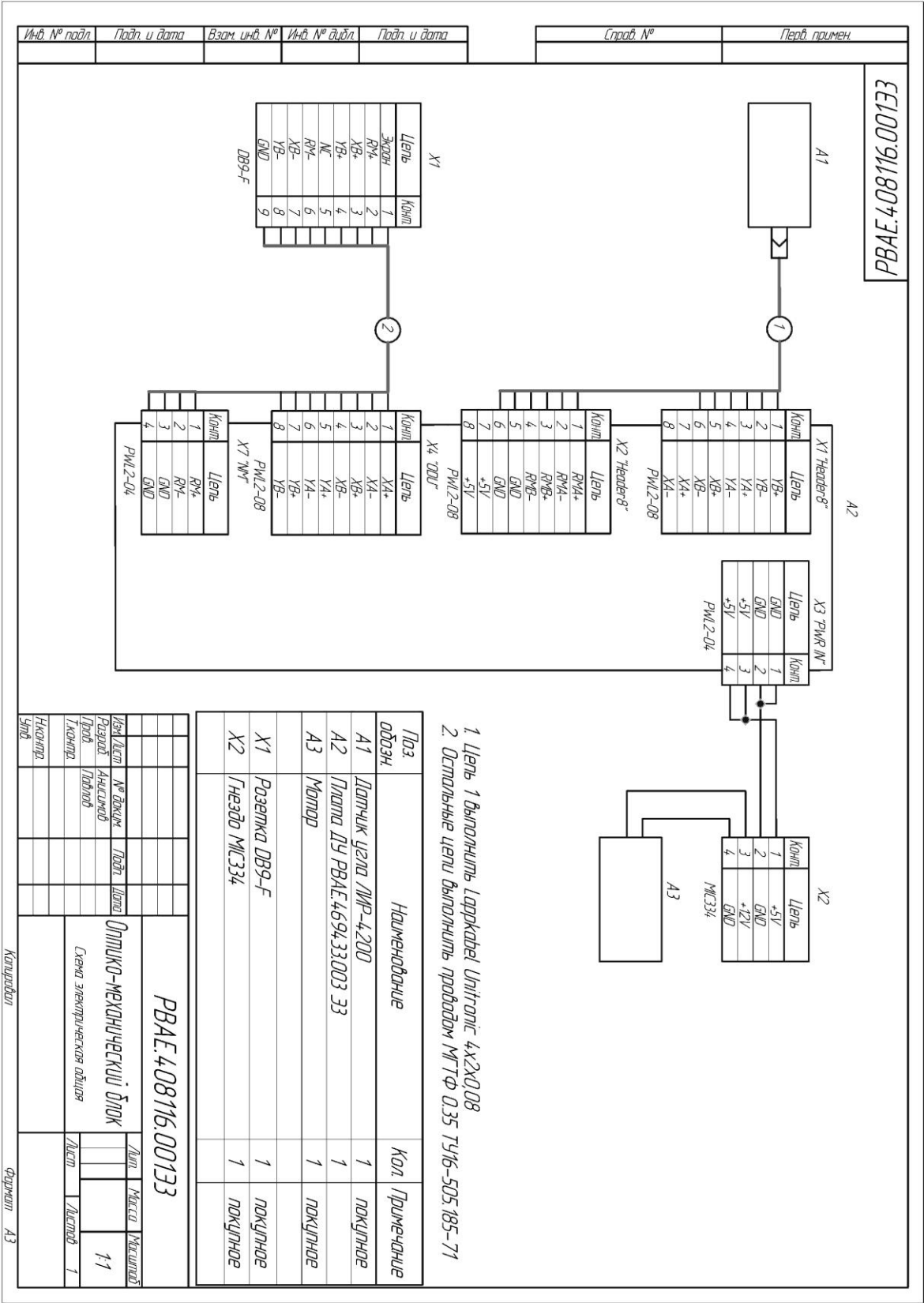
Система измерений геодезического положения сканирующего зеркала – 2

См. спецификацию изделия

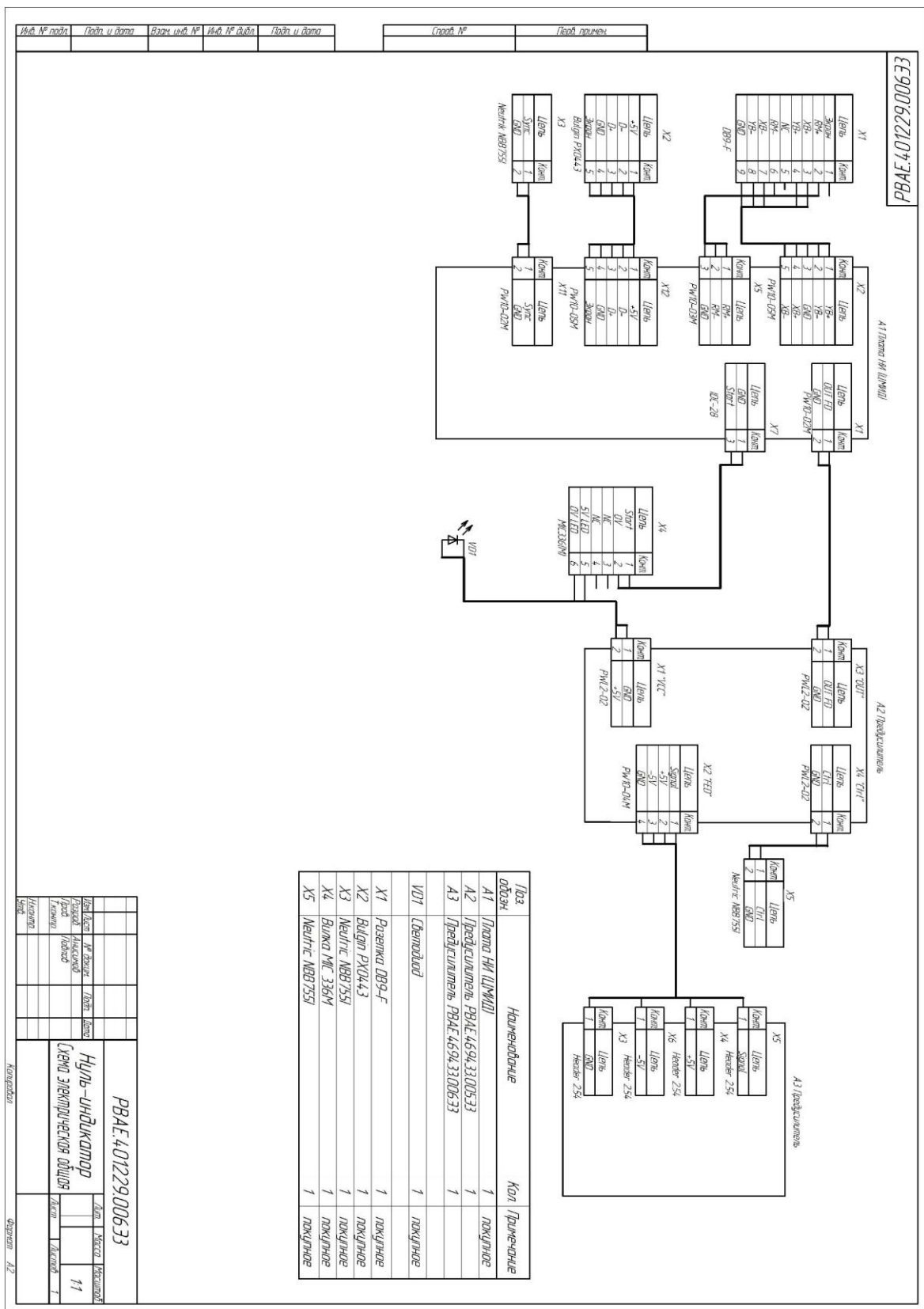
Копировать

Формат А3

Оптико-механический блок. Схема электрическая общая



АКНИ. Схема электрическая общая



ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Перв. примен.		
	Справ. №	
Подп. и дата		
Инв. № дубл.		
Взам. инв. №		
Подп. и дата		
Инв. № подл.		

X1

Цепь	Конт.
START	1
0 V	2
NC	3
NC	4
5V LED	5
0V LED	6

MIC 336F

X2

Конт.	Цепь
1	START
2	0V
3	NC
4	NC
5	5V LED
6	0V LED

MIC 336F

Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
1	Розетка MIC336F	2	покупное
2	Кабель Tasker CM 26AWG	1	покупное

РВАЕ.685611.001 СБ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Анисимов			
Пров.	Павловы			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Кабель

Сборочный чертеж

Лит.	Масса	Масштаб
		1:1
Лист		Листов 1

Копировал
Формат А4

