

Тема доклада

Разработка программного обеспечения для калибровки датчиков Солнца

Студент: Новиков Денис

Научный руководитель: Пелемешко Анатолий Владимирович

Введение

Цель

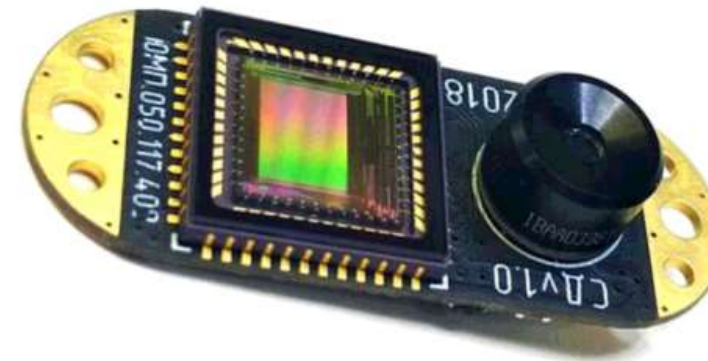
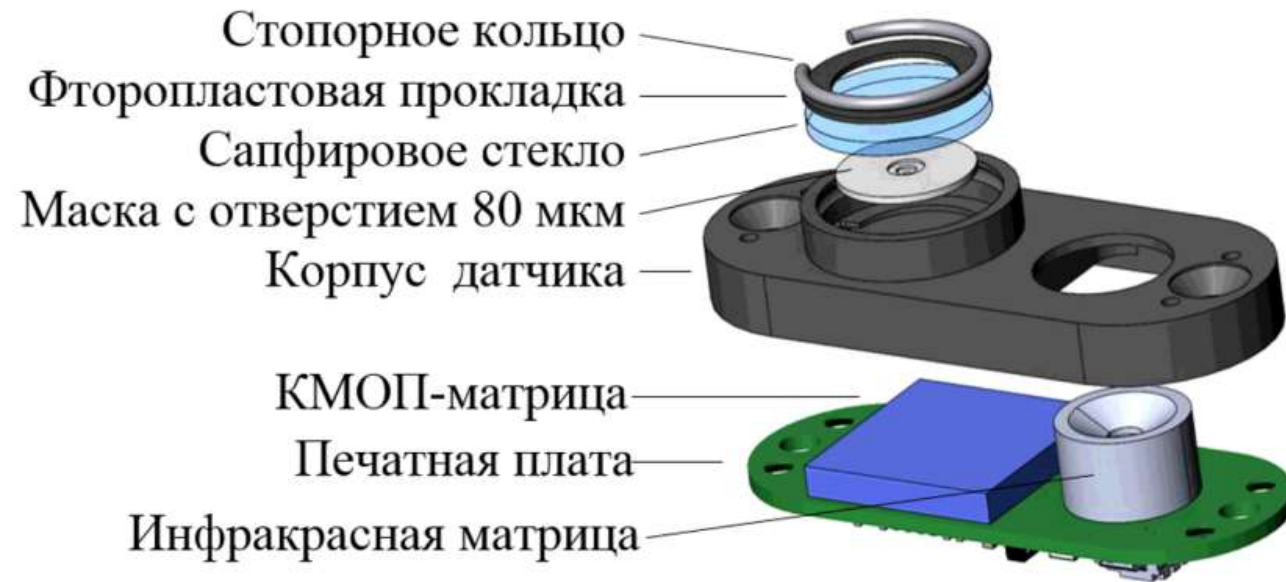
Разработка программного обеспечения для калибровки солнечного датчика на основе КМОП-матрицы для системы ориентации сверхмалого космического аппарата

Задачи

- Разработать проект экспериментальной установки калибровки солнечного датчика
- Реализовать оболочку этой же низкоуровневой библиотеки на языке Python для удобства использования и интеграции с другими программными средствами
- Написать программное обеспечение для калибровки солнечного датчика, разработать алгоритмы с целью повышения точности датчика
- Реализовать удаленный доступ к экспериментальному стенду
- Провести калибровку 264 датчиков для спутниковой системы Марафон

Введение

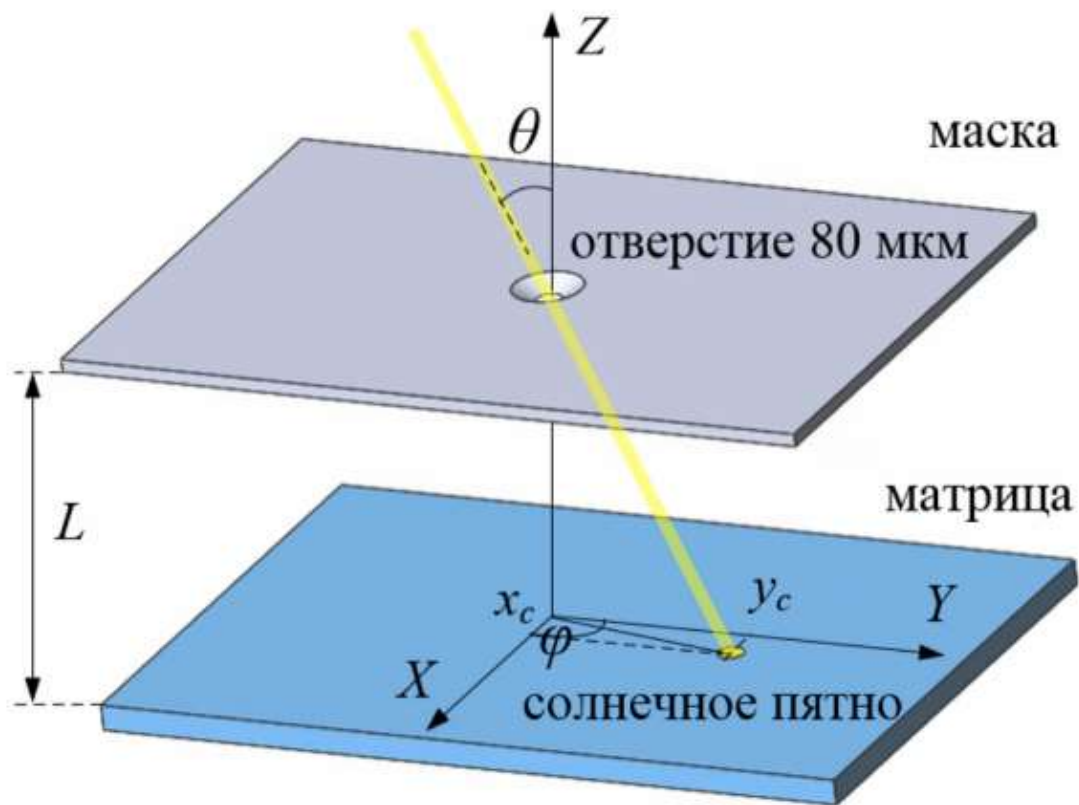
Формулирование проблемы



- Система ориентации и позиционирования (СОП) использует Солнце и Землю в качестве ориентиров
- Датчик должен быть компактным для упрощения размещения на СМКА
- Угол обзора датчика не менее 90°
- Точность определения направления на Солнце не хуже 1°

Введение

Формулирование проблемы



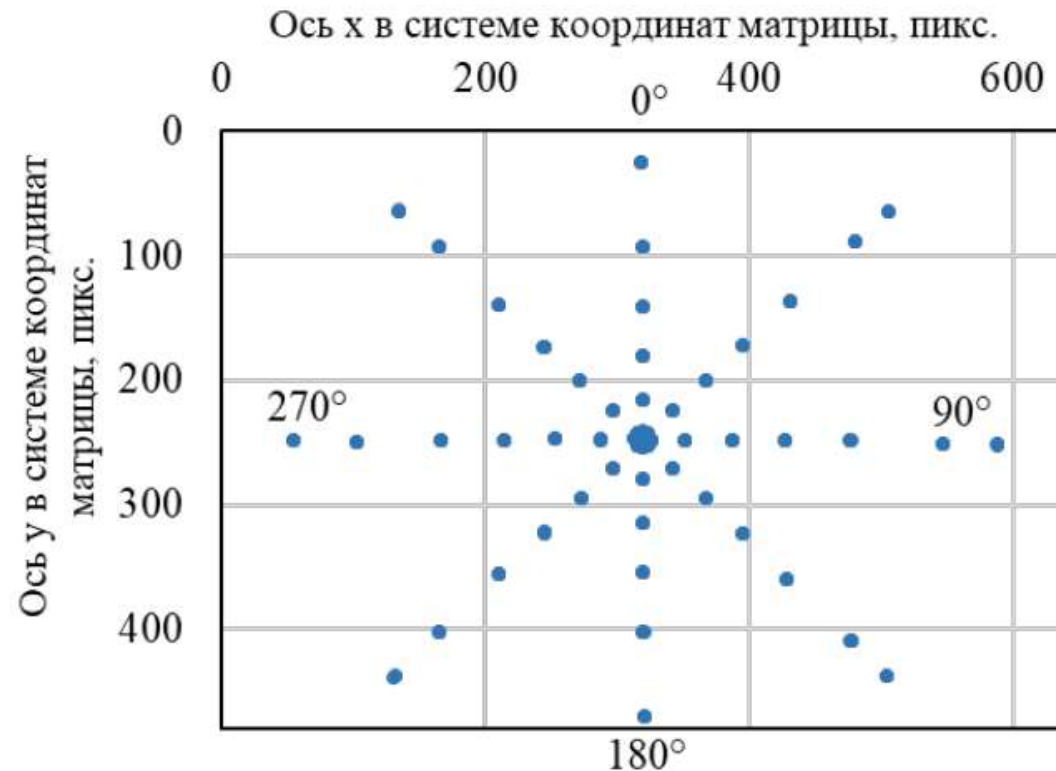
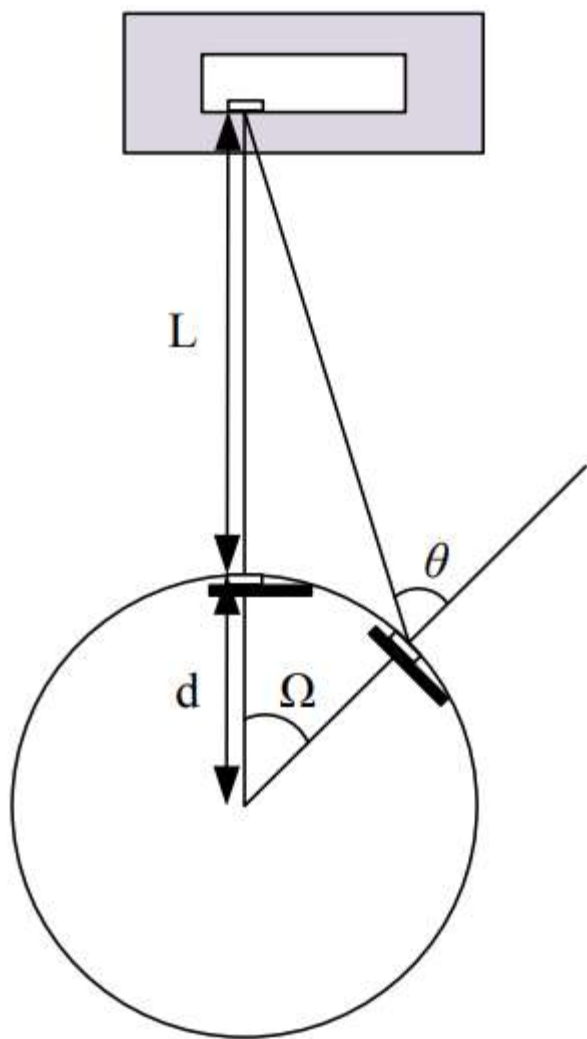
Нахождение направления на Солнце

- Координаты x_c и y_c центра солнечного пятна определяются выражением

$$x_c = \sum_j I_j x_j / \sum_j I_j, \quad y_c = \sum_j I_j y_j / \sum_j I_j$$

- При нормальном падении изображение Солнца находится в центре матрицы
- Координаты центра пятна при нормальном падении x_0 и y_0 определяются при калибровке датчика
- Зенитный угол θ определяется как $\theta = \arctan(r_c/L)$
- L – расстояние от матрицы до маски с отверстием

Методика измерений

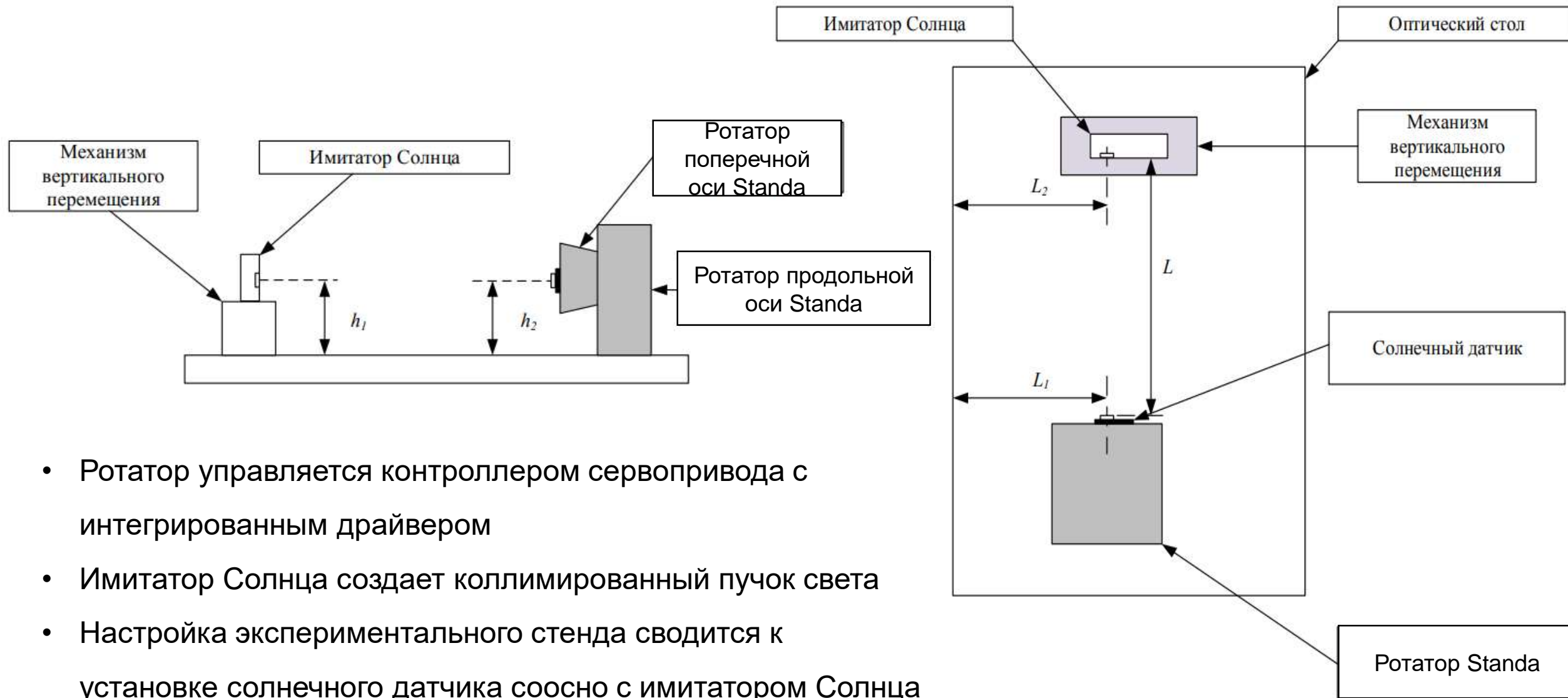


- Цель - получить зависимость зенитного угла θ от расстояния r от центра солнечного пятна до начала системы координат солнечного датчика
- Теоретическая зависимость $\theta = \arctan(r/L)$

Блок-схема ДСГ



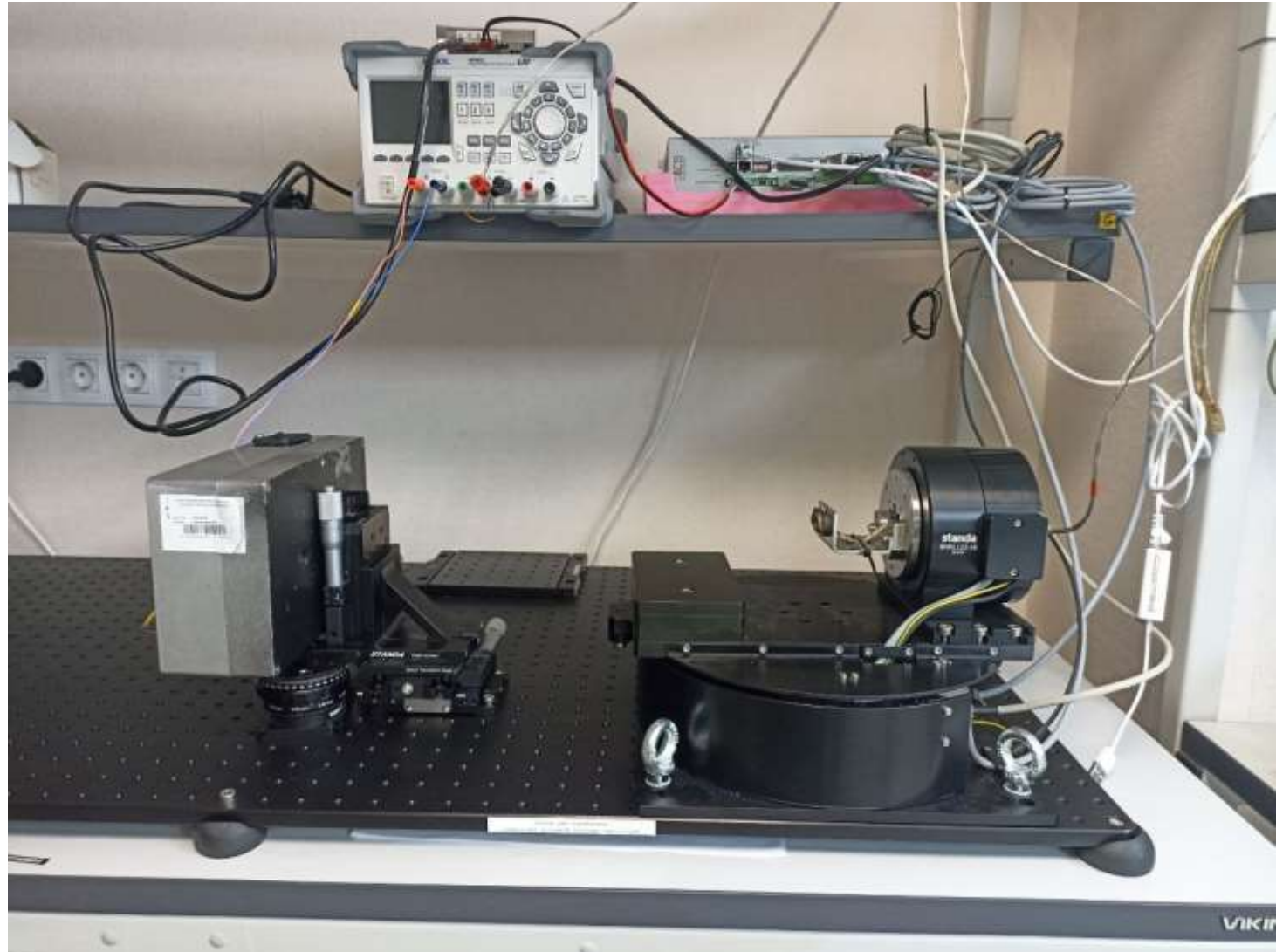
Схема экспериментального стенда



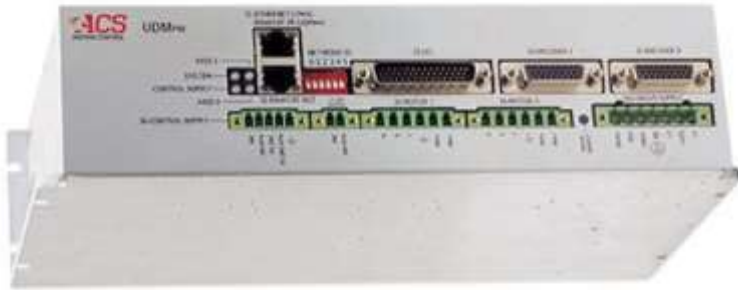
Внешний вид экспериментального стенда



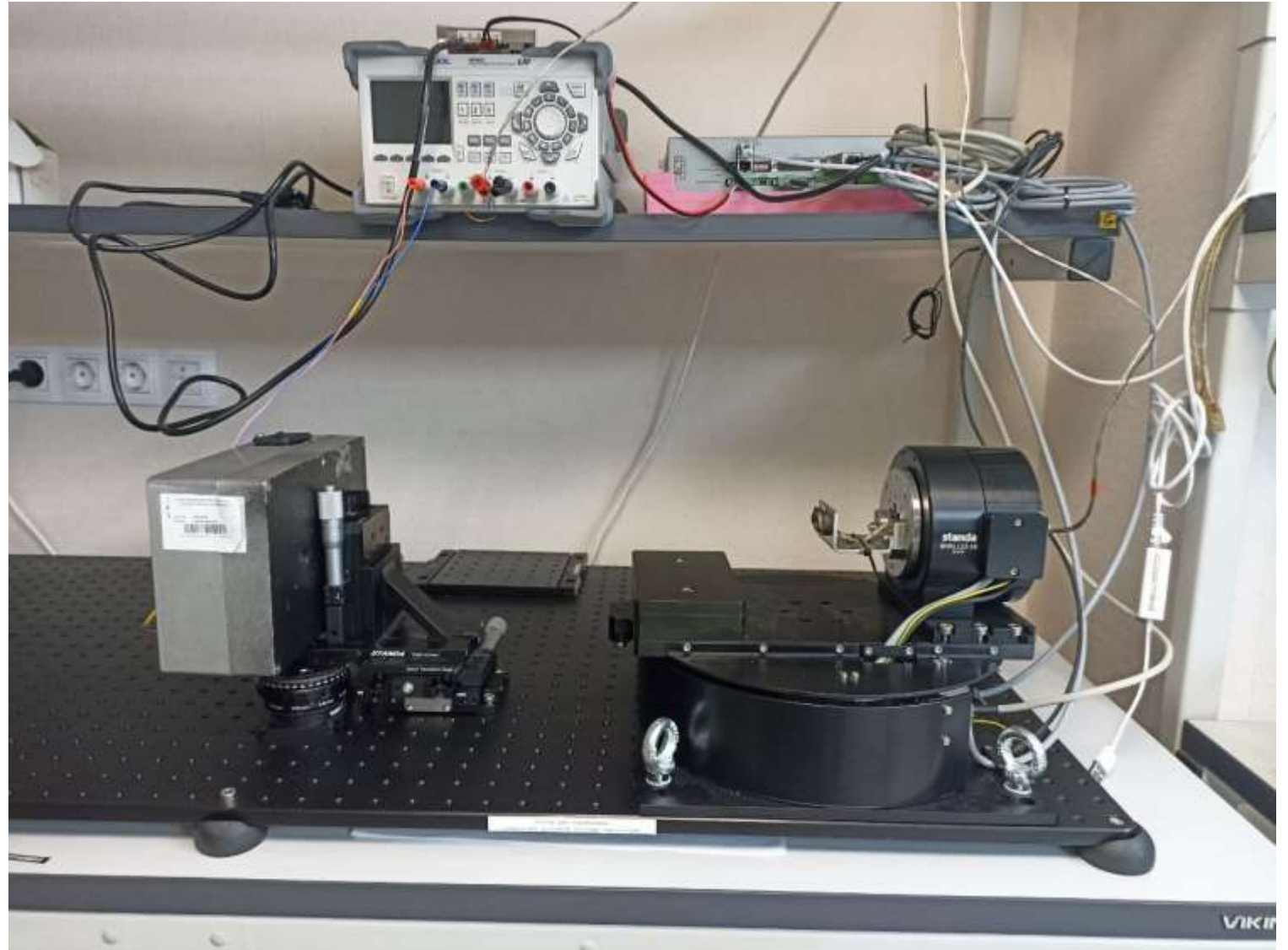
- Ротатор производства Standa обеспечивает вращение датчика в 2 плоскостях
- Абсолютная точность позиционирования по двум осям вращения $0,0125^\circ$
- Двухнаправленная повторяемость установки положения $\pm 0,0004^\circ$



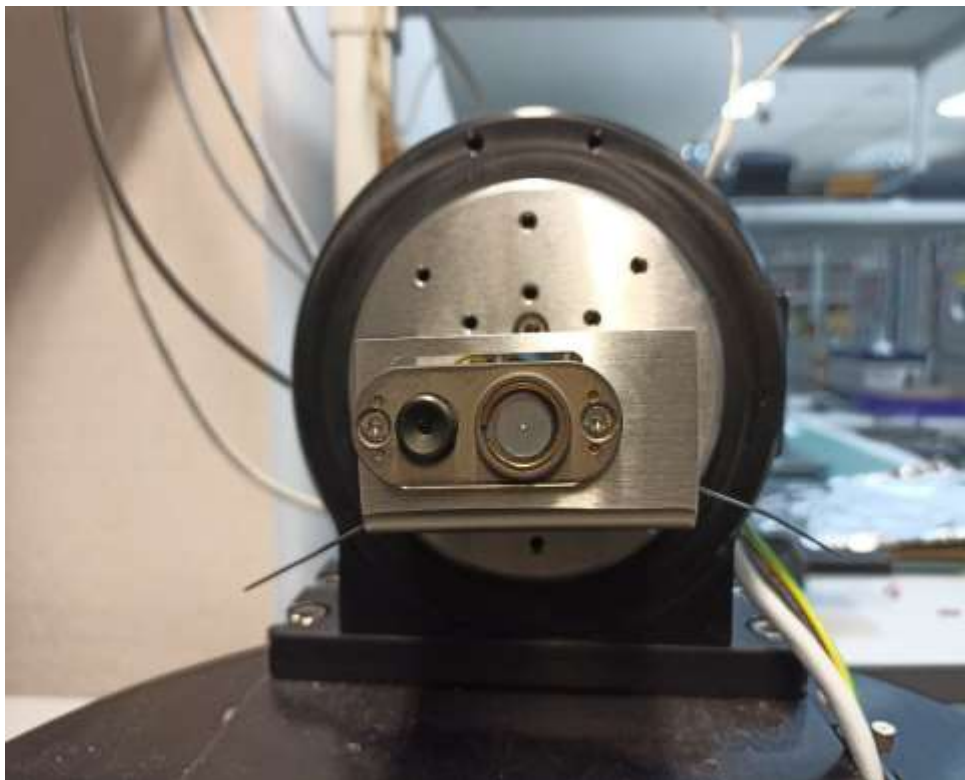
Внешний вид экспериментального стенда



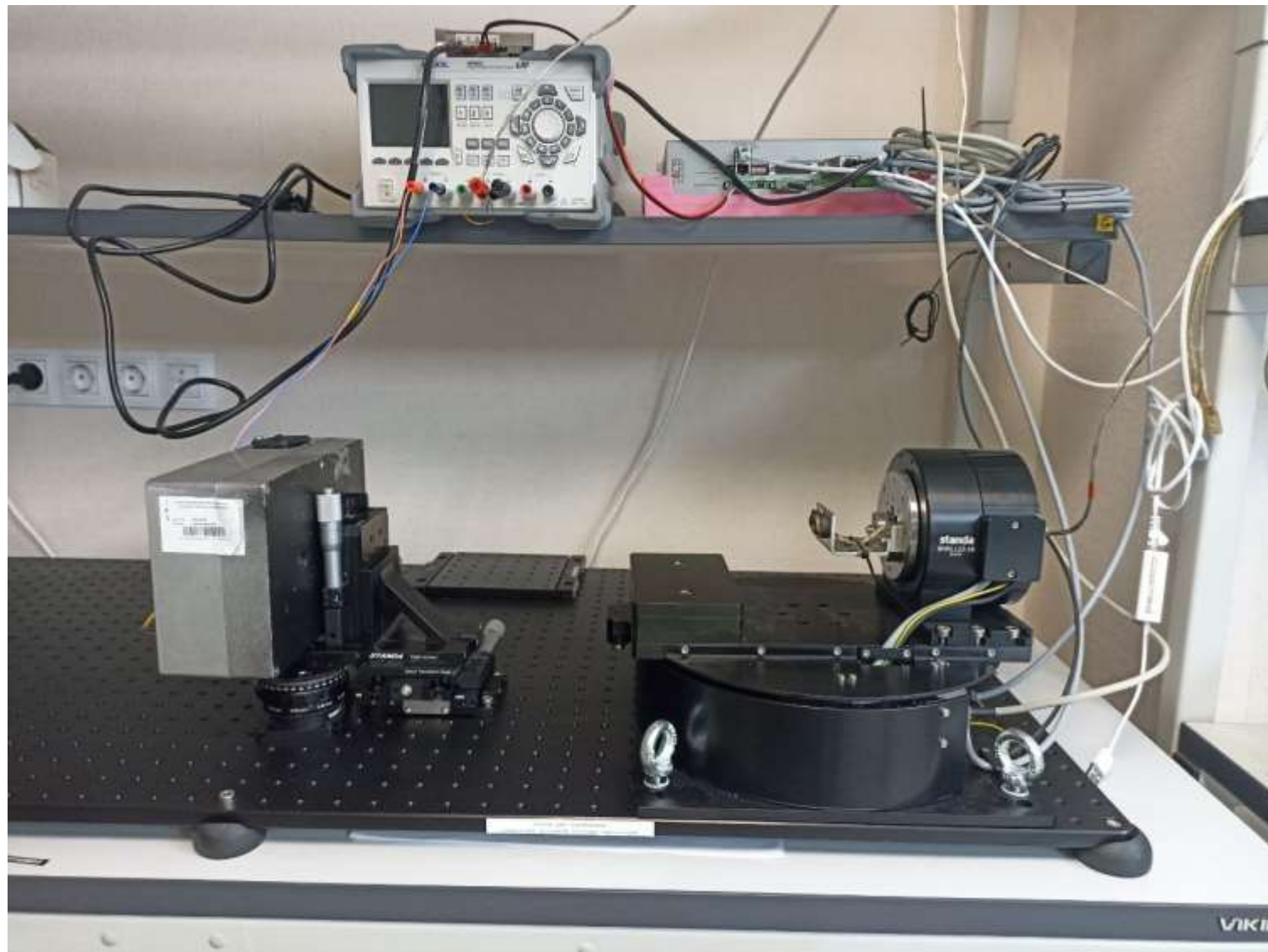
- Контроллер производства ACSMotionControl использует встроенную библиотеку на языке Си для управления движением обеих осей ротатора с высокой точностью



Внешний вид экспериментального стенда



Расположение Солнечного датчика на ротаторе

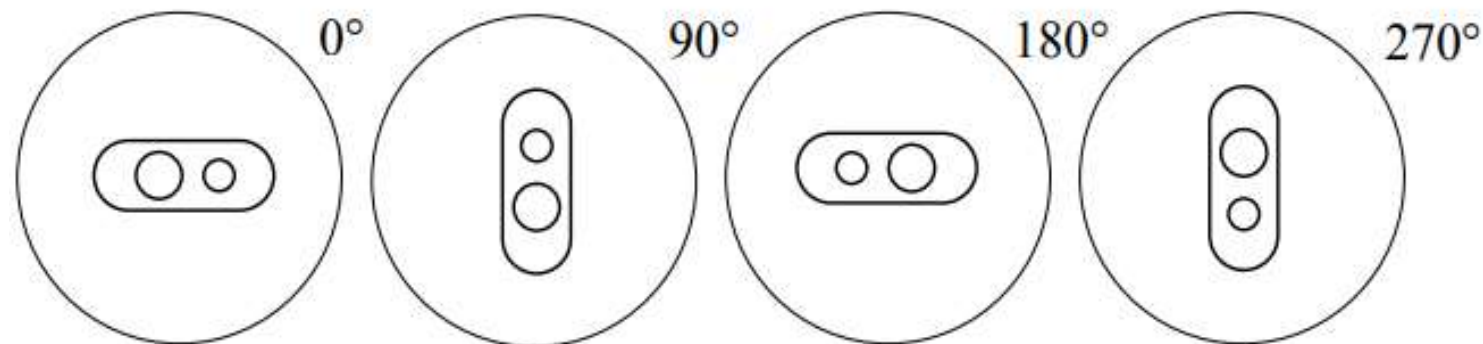
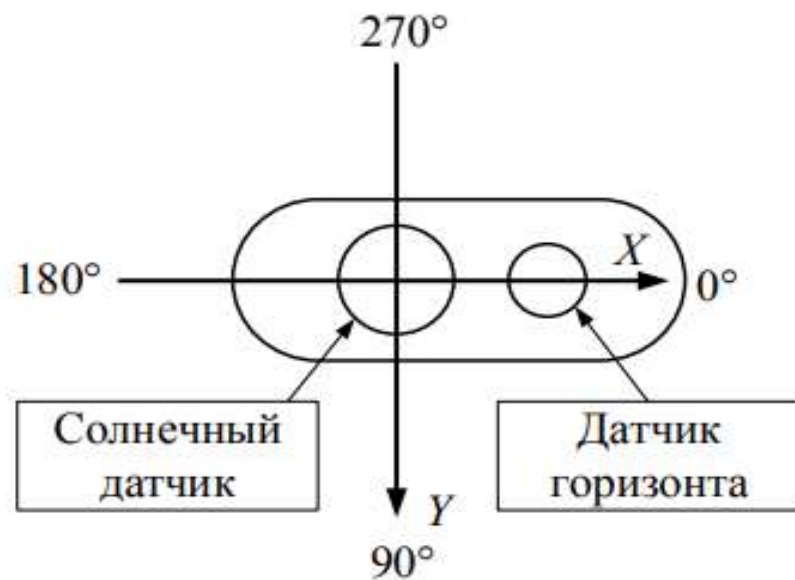


Методика центрирования

1. Четыре измерения центра пятна с шагом 90° по азимутальному углу
2. Проход возле предположительного соосного расположения ДСГ и имитатора Солнца по зенитному углу
3. Определение координаты с минимальным разбросом по расстоянию от центра ДСГ до точки падения солнечного луча
4. Координата с минимальным разбросом соответствует соосному расположению



Методика калибровки

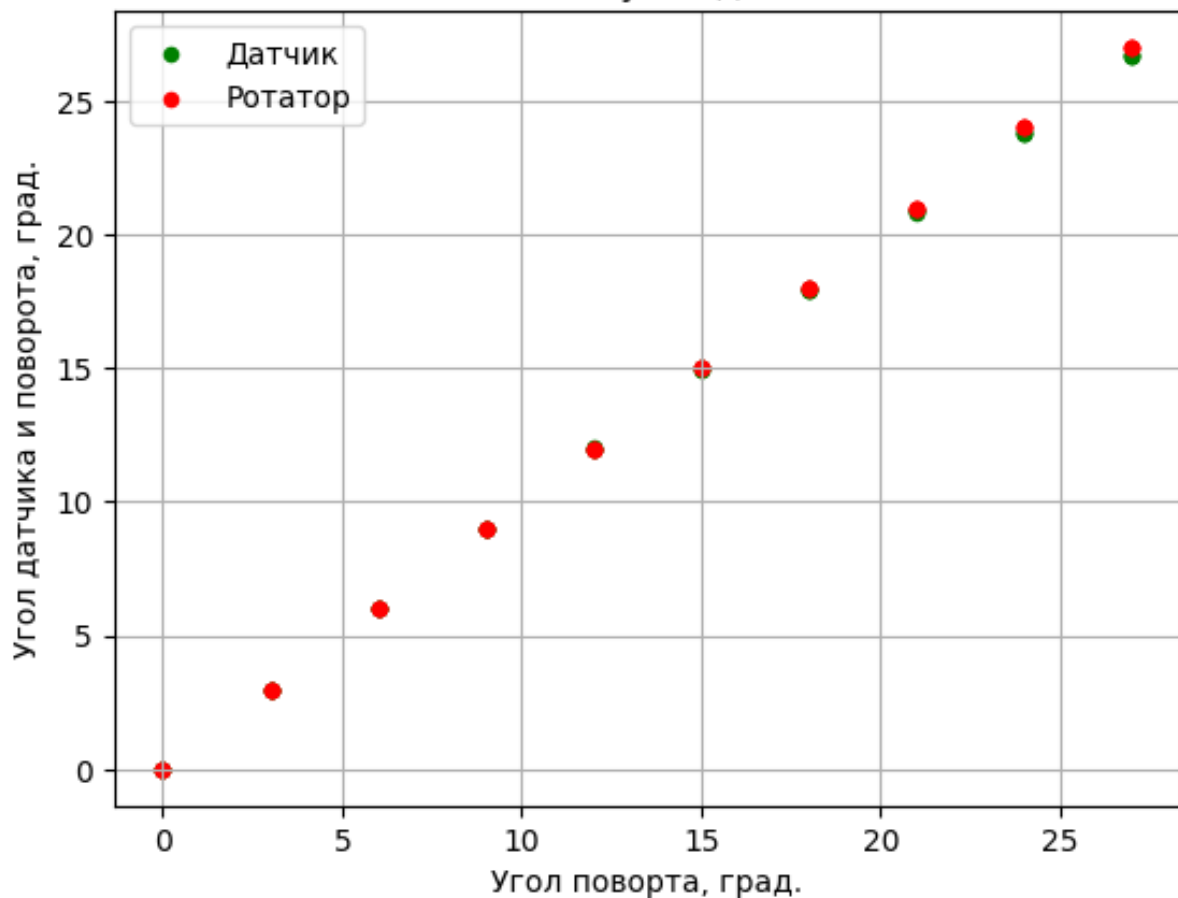


1. Восемь измерений центра пятна с шагом 45° по азимутальному углу
2. Шесть шагов по 10° по зенитному углу в диапазоне от 0° до 60°

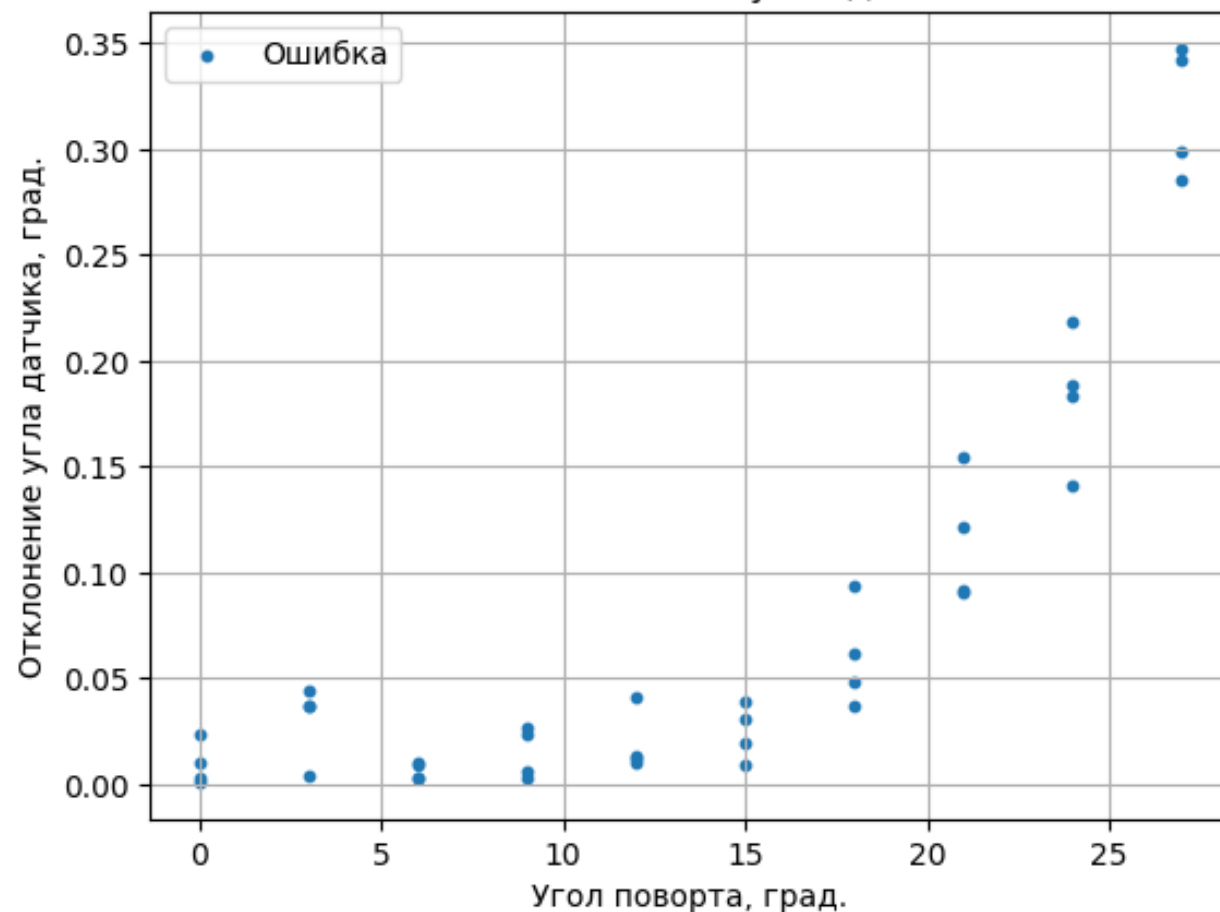
3. Максимальное количество измерений определяется при отработке
4. Усредненные результаты измерений наносятся на график и аппроксимируются полиномом шестой степени

Результаты экспериментов

Зенитный угол датчика

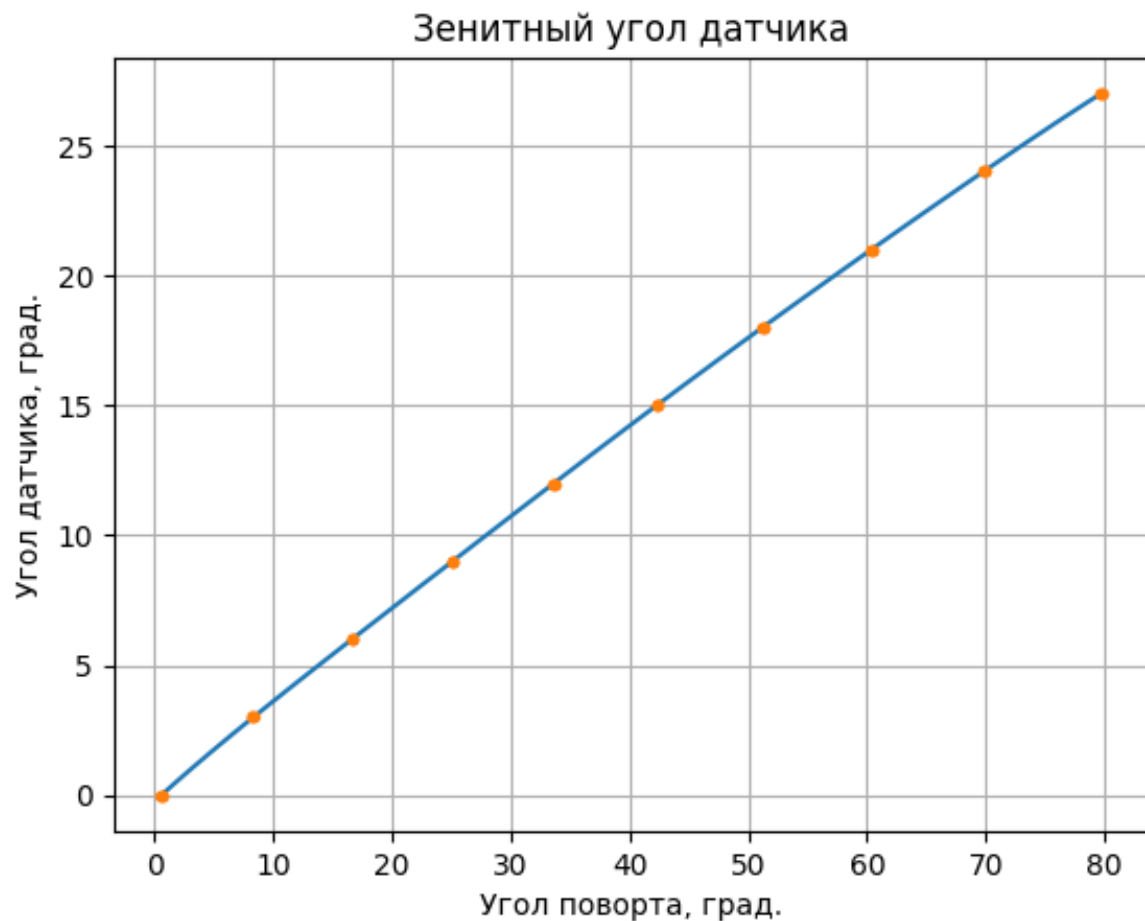


Ошибка зенитного угла датчика

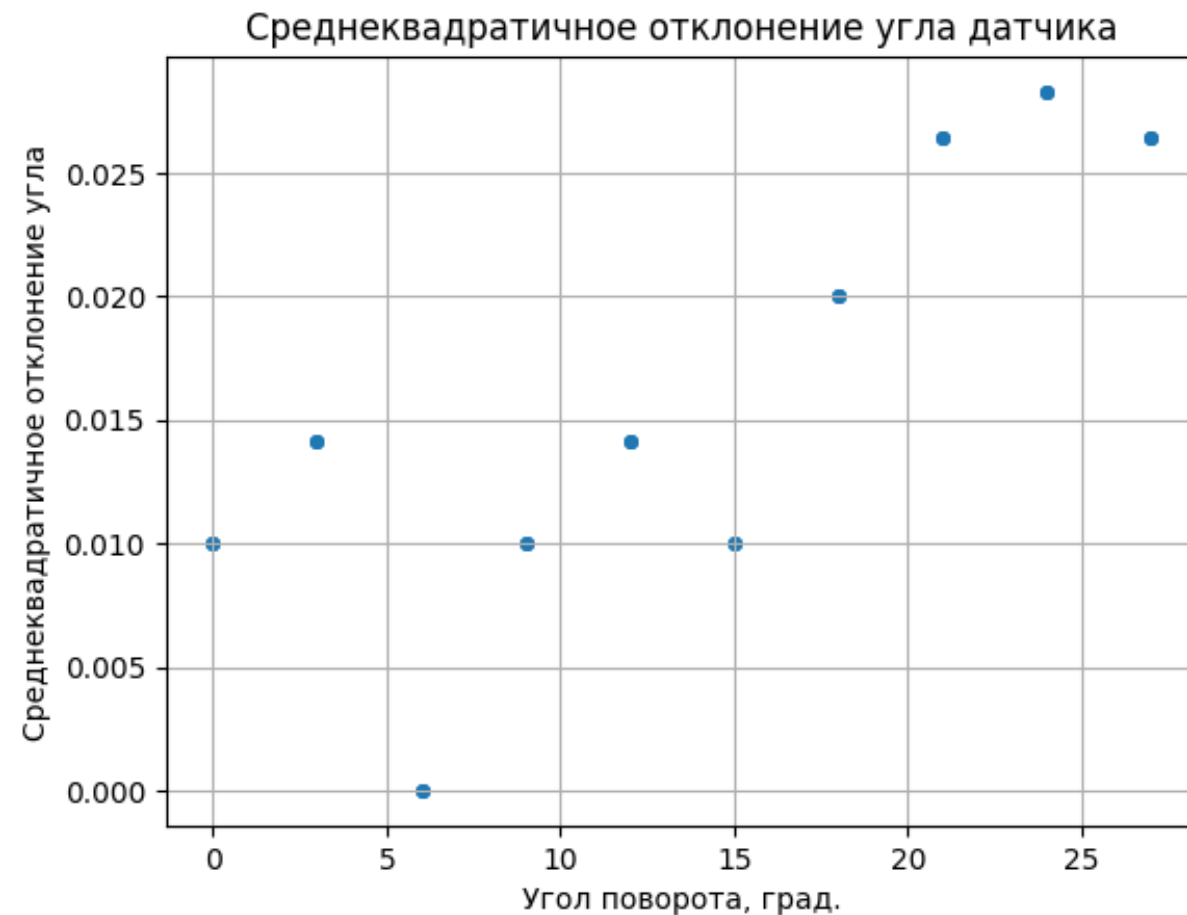


Ошибка определения угла ДСГ не превышает 0.1 градусов при повороте на 20 градусов относительно Солнца

Результаты экспериментов



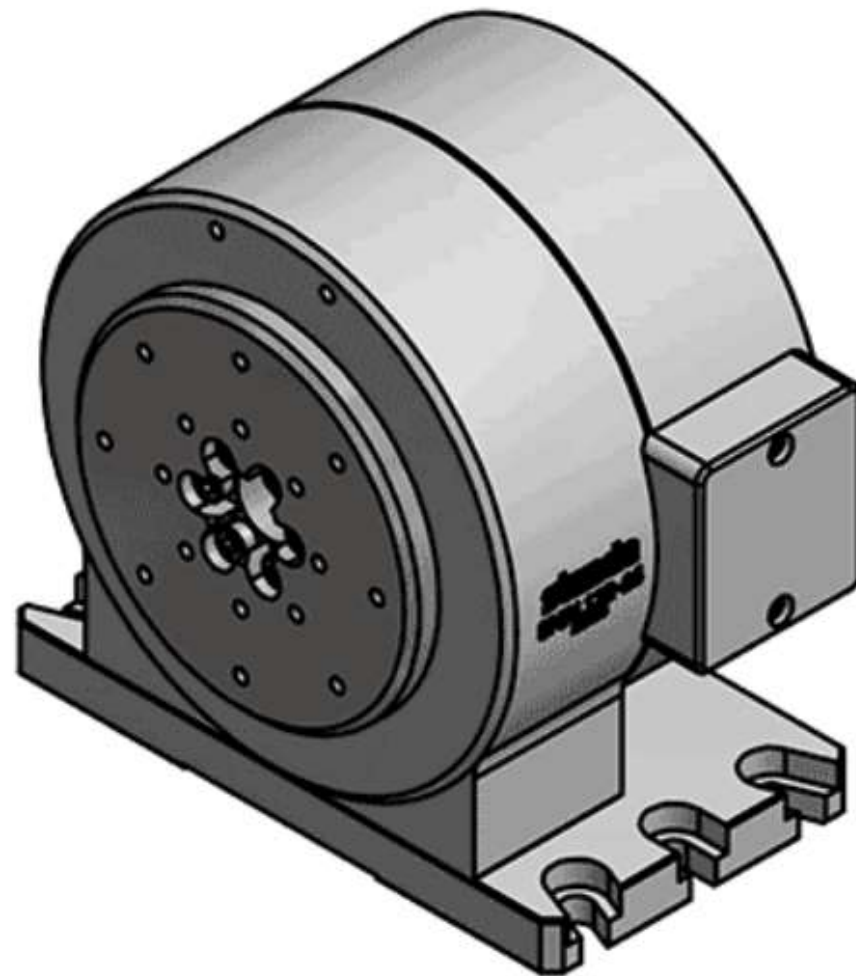
Калибровочная кривая угла ДСГ



Средний квадрат отклонения угла ДСГ не превышает 0.025 градусов

Результаты работы

1. Собрана экспериментальная установка калибровки солнечного датчика
2. Изучены низкоуровневые библиотеки для взаимодействия с контроллером и солнечным датчиком
3. Реализована оболочка низкоуровневой библиотеки на Python
4. Написано программное обеспечение для калибровки солнечного датчика
5. Получены калибровочные коэффициенты ДСГ
6. Реализован удаленный доступ к экспериментальному стенду
7. Проведена оценка точности определения направления на Солнце





Дальнейшие планы

1. Реализовать определение положения датчика относительно горизонта
2. Реализовать определение угловой скорости поворота датчика
3. Оценить точность определения угловой скорости
4. Провести калибровки 264 датчиков для спутниковой системы Марафон

Спасибо за внимание!