

Тема доклада

Разработка автоматизированного оптического стенда для калибровки датчиков Солнца

Студент: Новиков Денис

Научный руководитель: Пелемешко Анатолий Владимирович

Введение

Цель

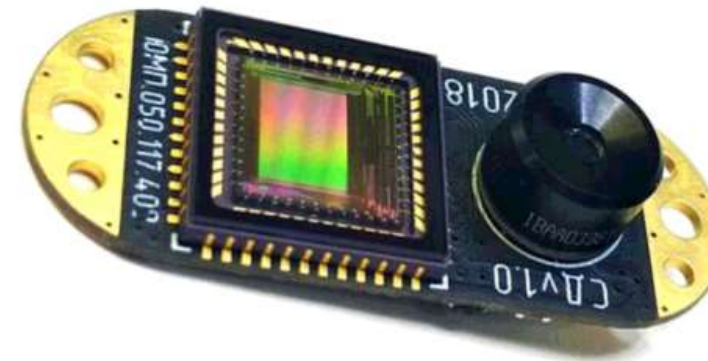
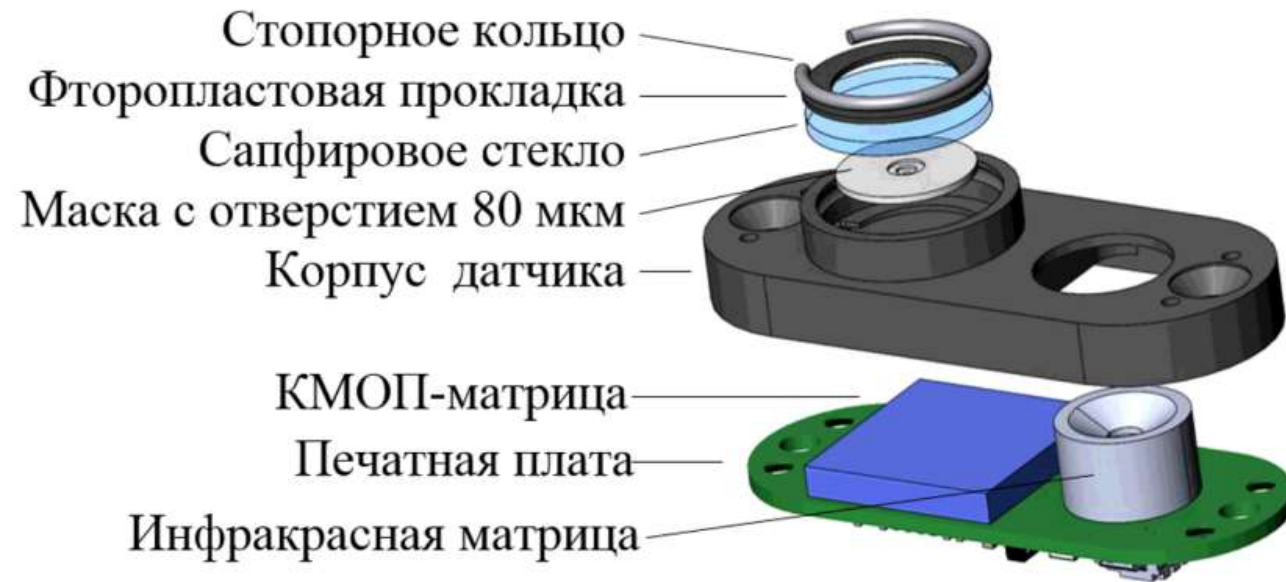
Разработка и введение в эксплуатацию автоматизированного стенда для калибровки солнечного датчика на основе КМОП-матрицы для системы ориентации сверхмалого космического аппарата

Задачи

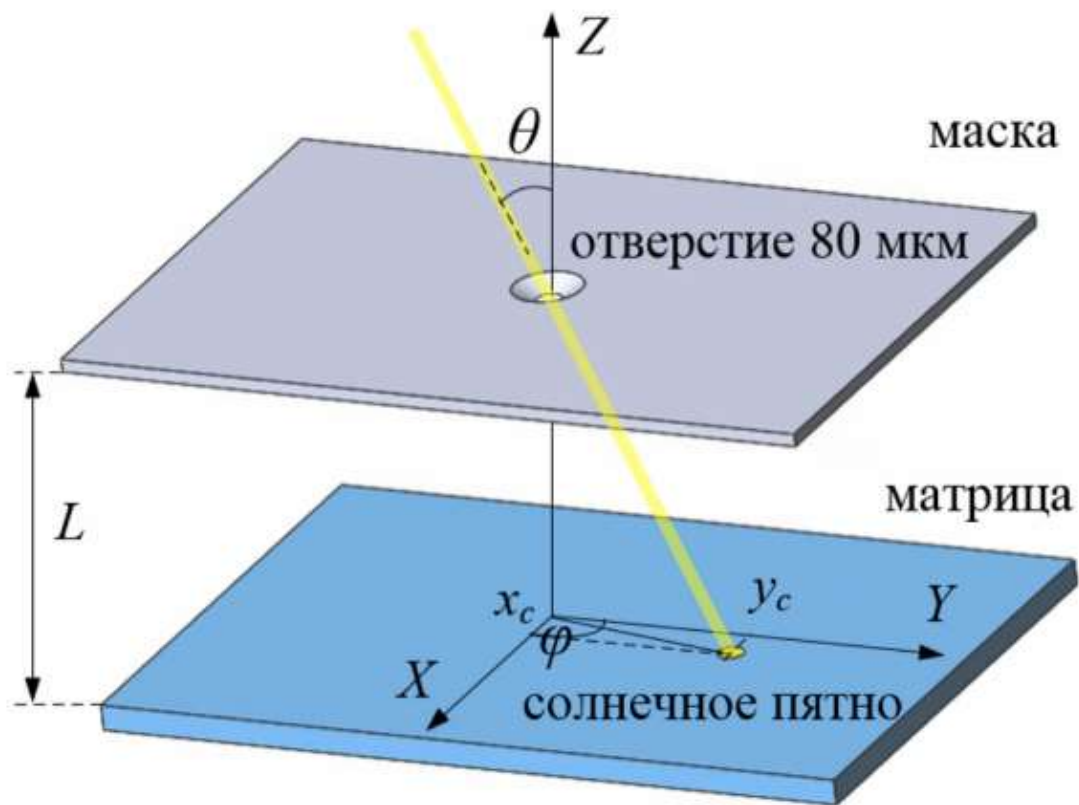
- Разработать проект экспериментальной установки калибровки солнечного датчика
- Реализовать оболочку этой же низкоуровневой библиотеки на языке Python для удобства использования и интеграции с другими программными средствами
- Написать программное обеспечение для калибровки солнечного датчика, разработать алгоритмы с целью повышения точности датчика
- Реализовать удаленный доступ к экспериментальному стенду
- Провести калибровку 50 датчиков для спутниковой системы Грифон и МКА «Норби-3»

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°



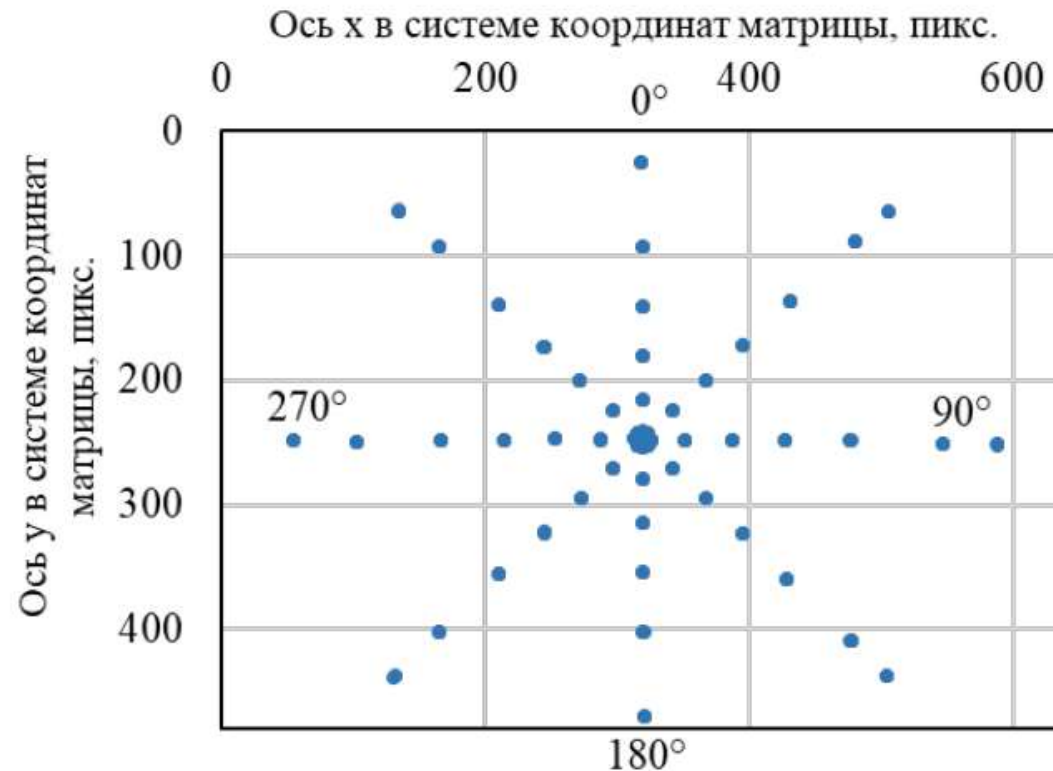
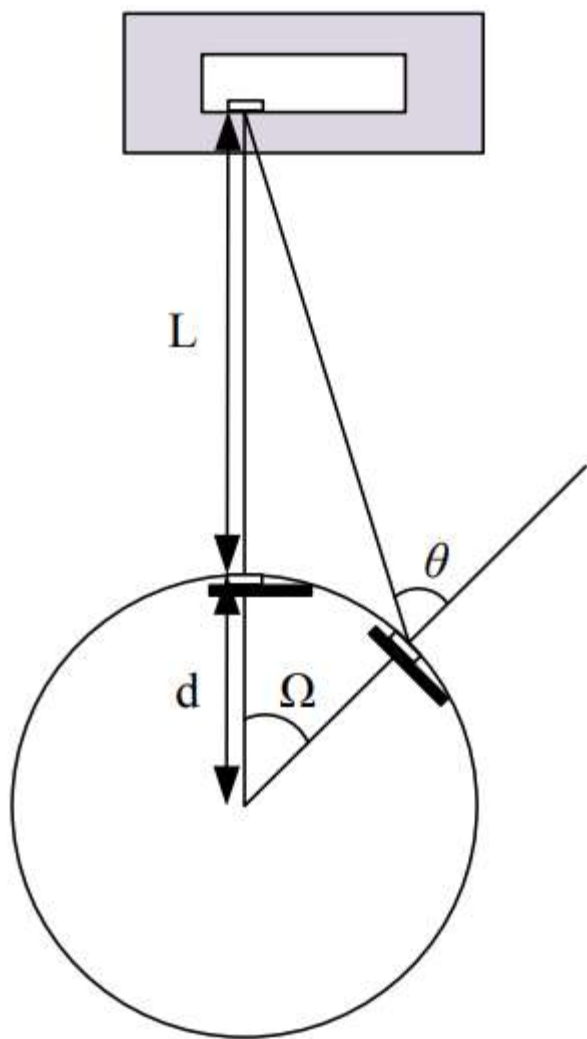
Нахождение направления на Солнце

- Координаты x_c и y_c центра солнечного пятна определяются выражением

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

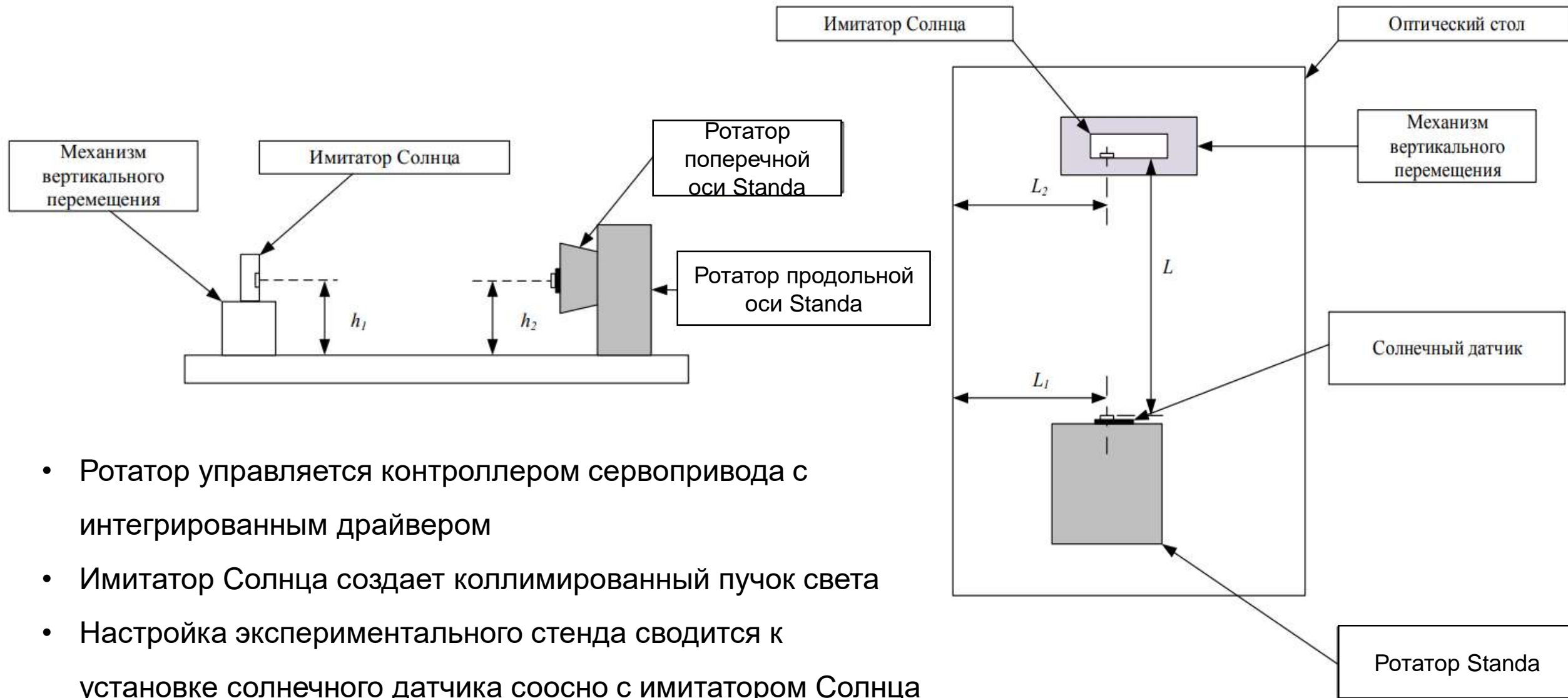
- При нормальном падении изображение Солнца находится в центре матрицы
- Координаты центра пятна при нормальном падении x_0 и y_0 определяются при калибровке датчика
- Зенитный угол θ определяется как $\theta = \arctan(r_c/L)$
- L – расстояние от матрицы до маски с отверстием

Методика измерений



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

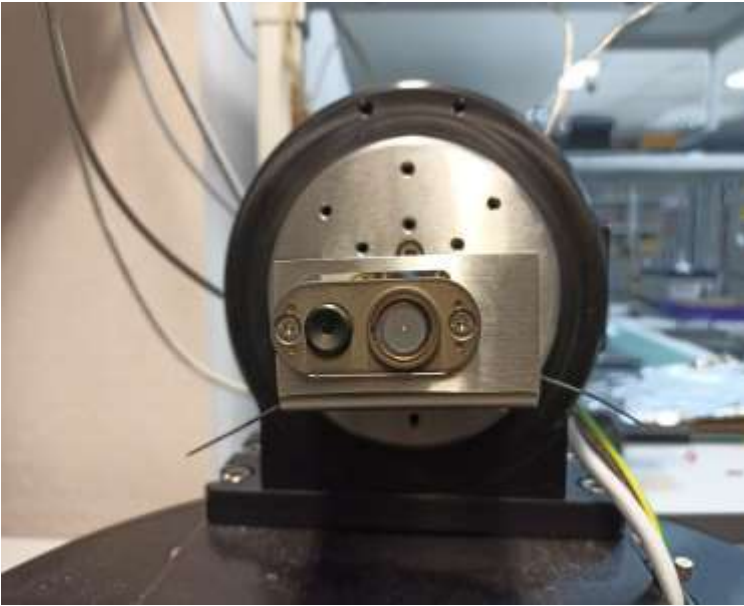
Схема экспериментального стенда



Блок-схема автоматизированного стенда для калибровки ДСГ

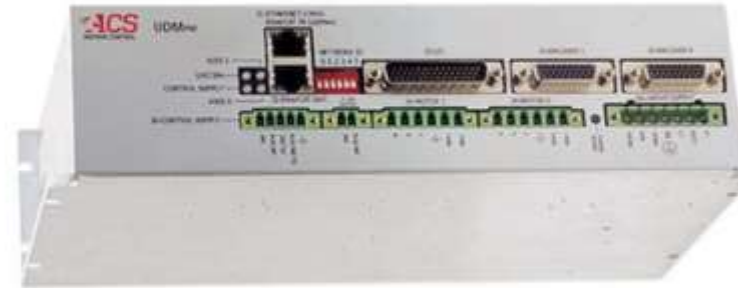


Состав автоматизированного стенда



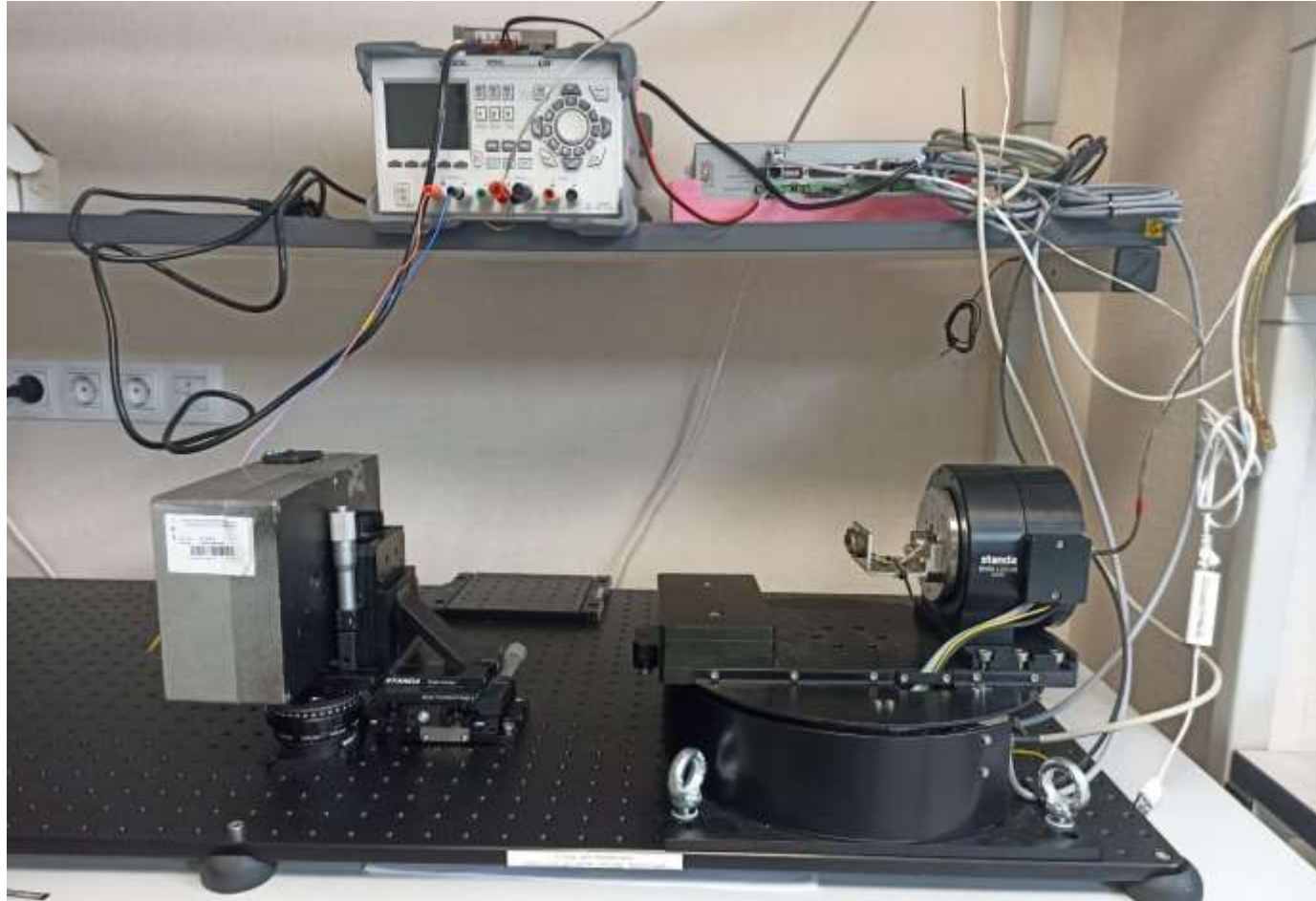
Расположение Солнечного датчика на ротаторе

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



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

Автоматизированный стенд для калибровки ДСГ



Внешний вид стенда

Методика центрирования

Ротатор в положении
близком к соосному

Поворот ротатора на
зенитный угол $\pm 5^\circ$ с шагом
 0.01°

Четыре поворота ротатора на
азимутальный угол 90°

Вычисление расстояния от
центра ДСГ до точки
падения луча

Имитатор Солнца

Оптический стол

Механизм
вертикального
перемещения

Солнечный датчик

Поворотно-перемещающий
механизм

L_2

L

L_1

Центрирование ДСГ

90°

135°

45°

4

3

2

1

180°

0°

225°

315°

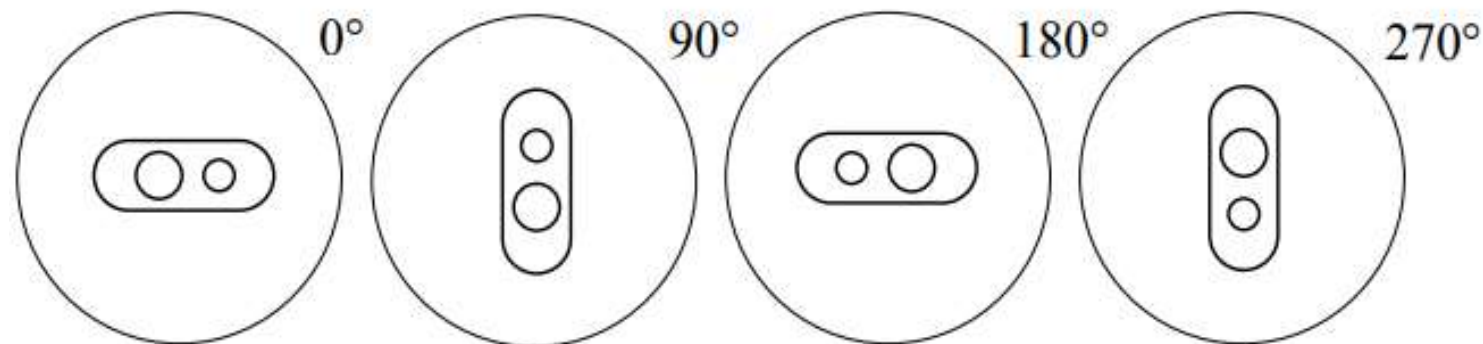
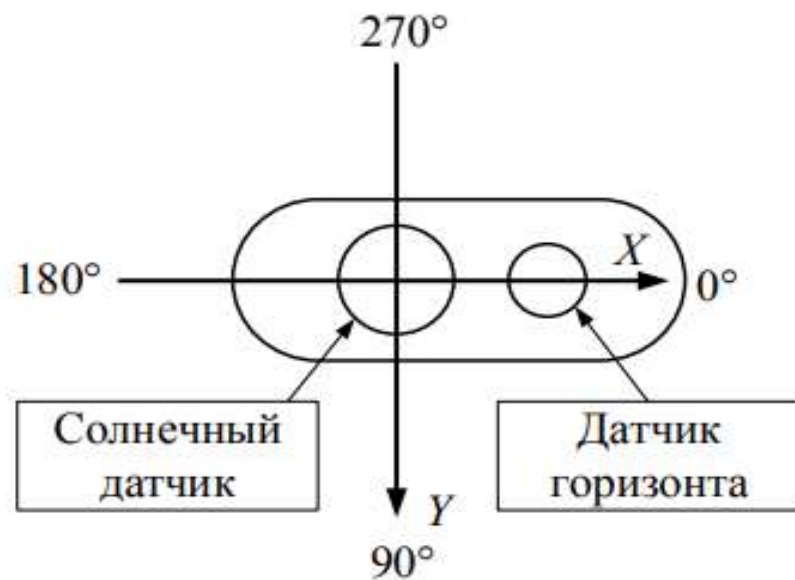
270°

• Расстояние от пятна до центра

Методика центрирования



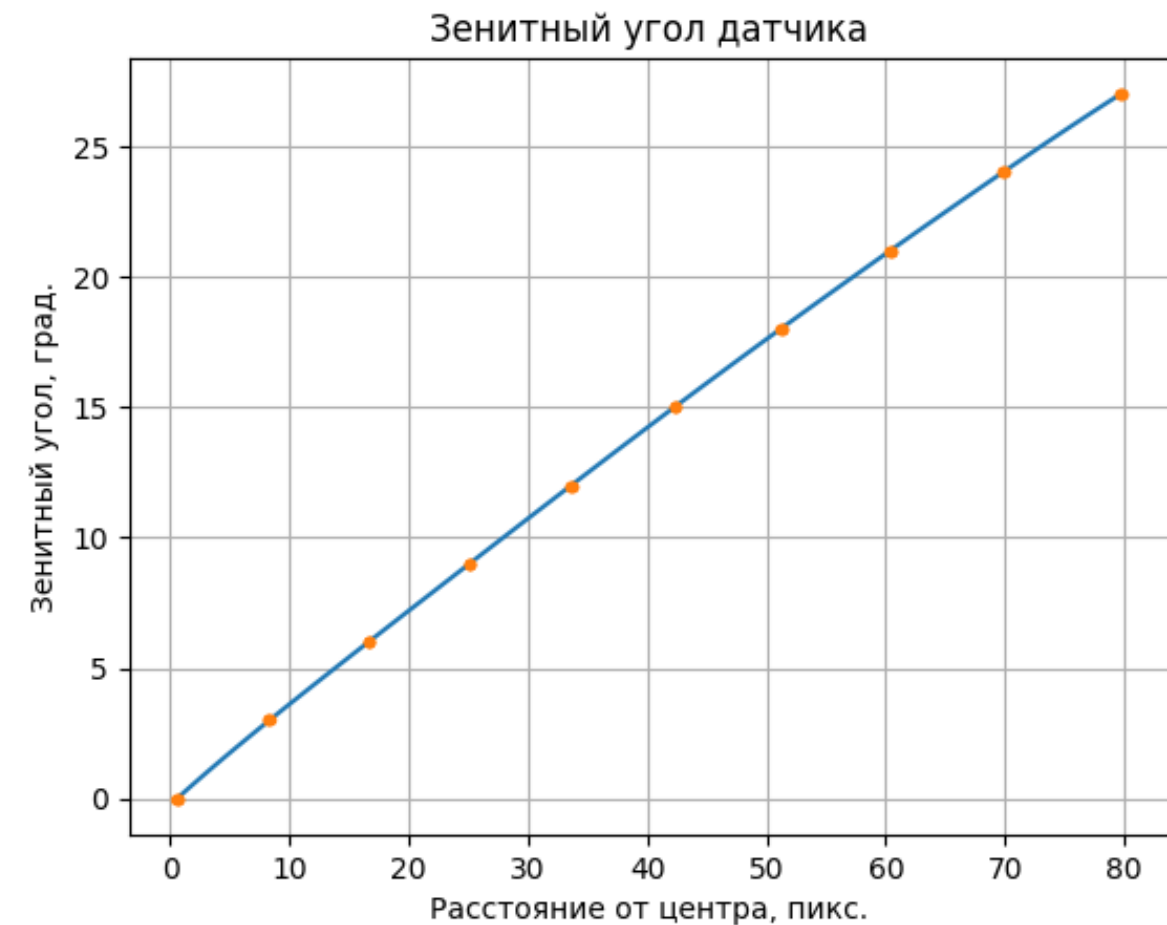
Методика калибровки



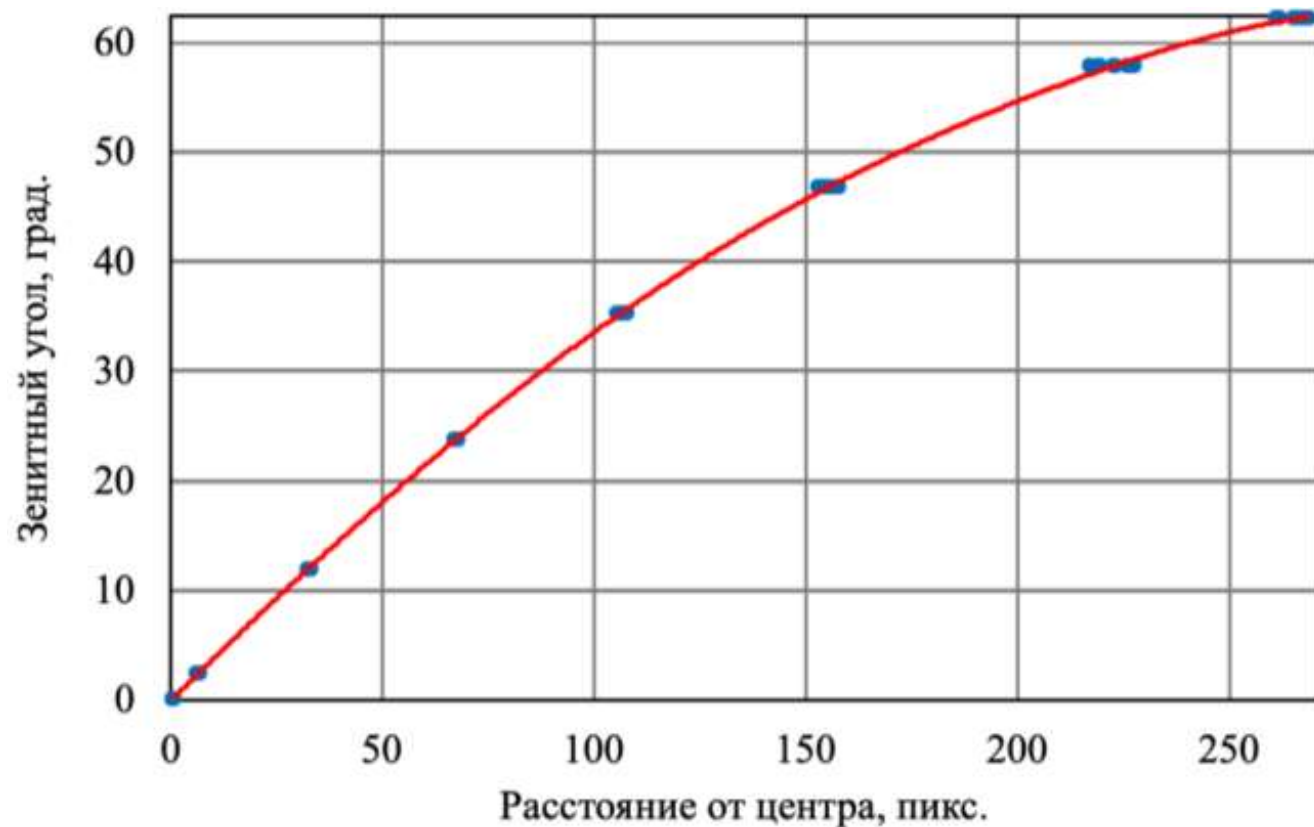
1. Восемь измерений центра пятна с шагом 45° по азимутальному углу
2. Шесть шагов по 10° по зенитному углу в диапазоне от 0° до 60°

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

Результаты экспериментов

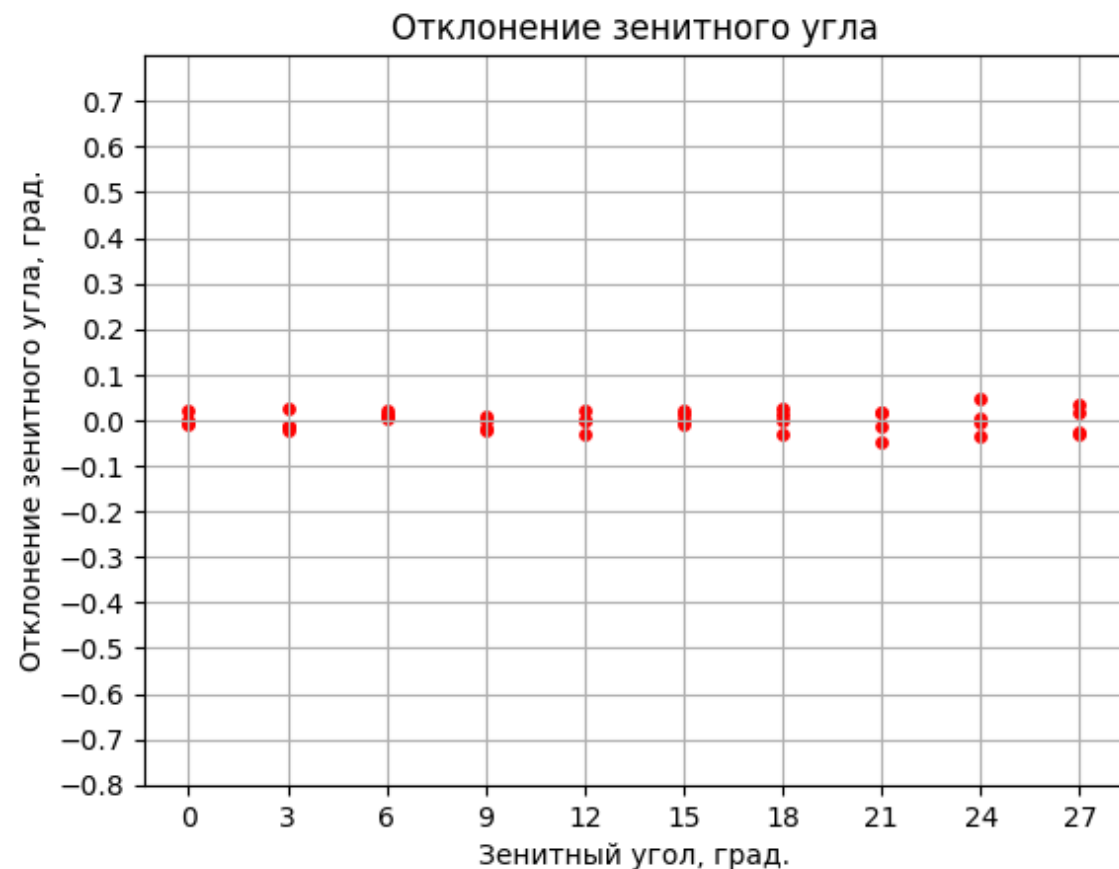


Калибровочная кривая угла ДСГ,
текущий результат

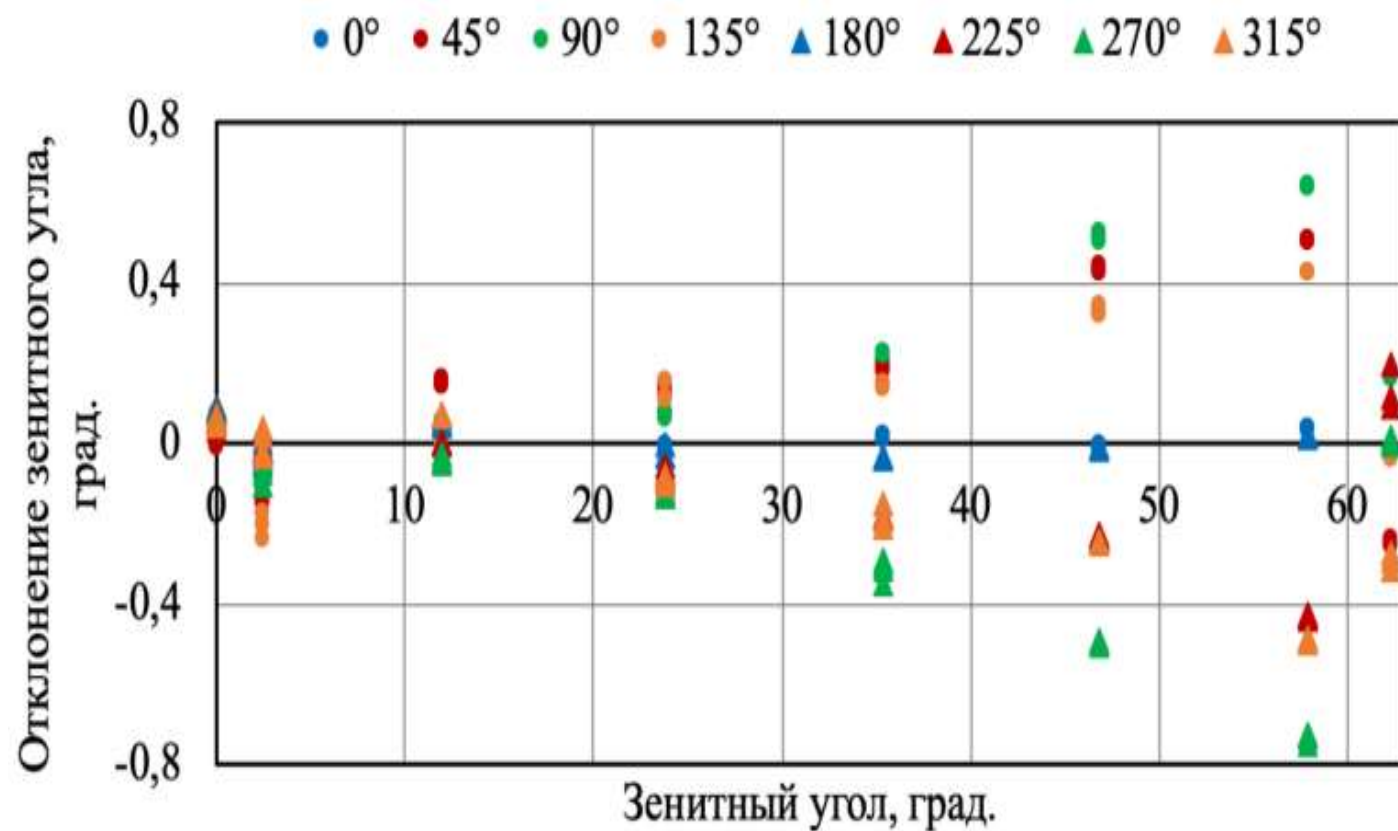


Калибровочная кривая угла ДСГ,
предыдущий результат

Результаты экспериментов

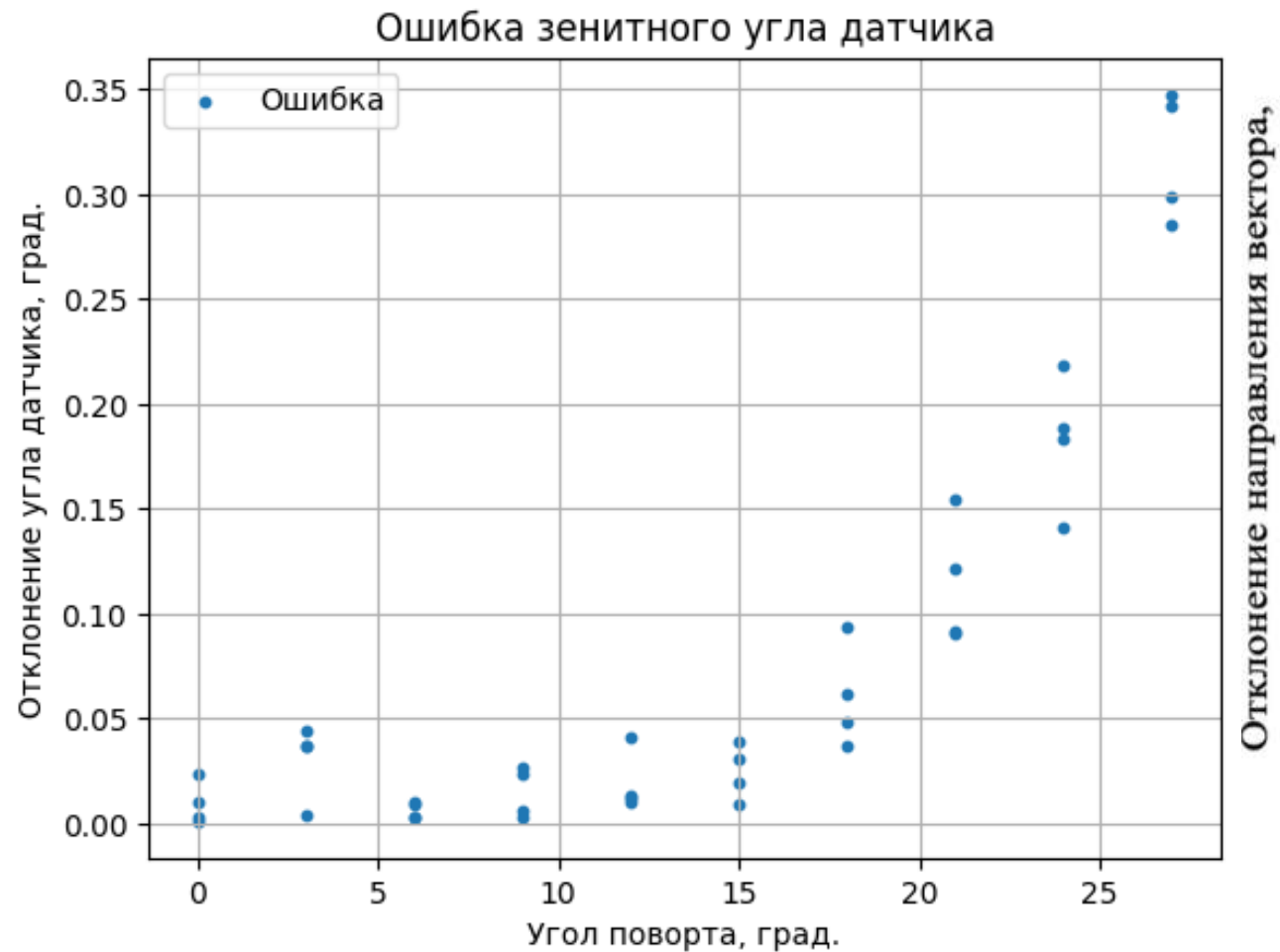


Отклонение измеренных зенитных углов от калибровочной функции, текущий результат

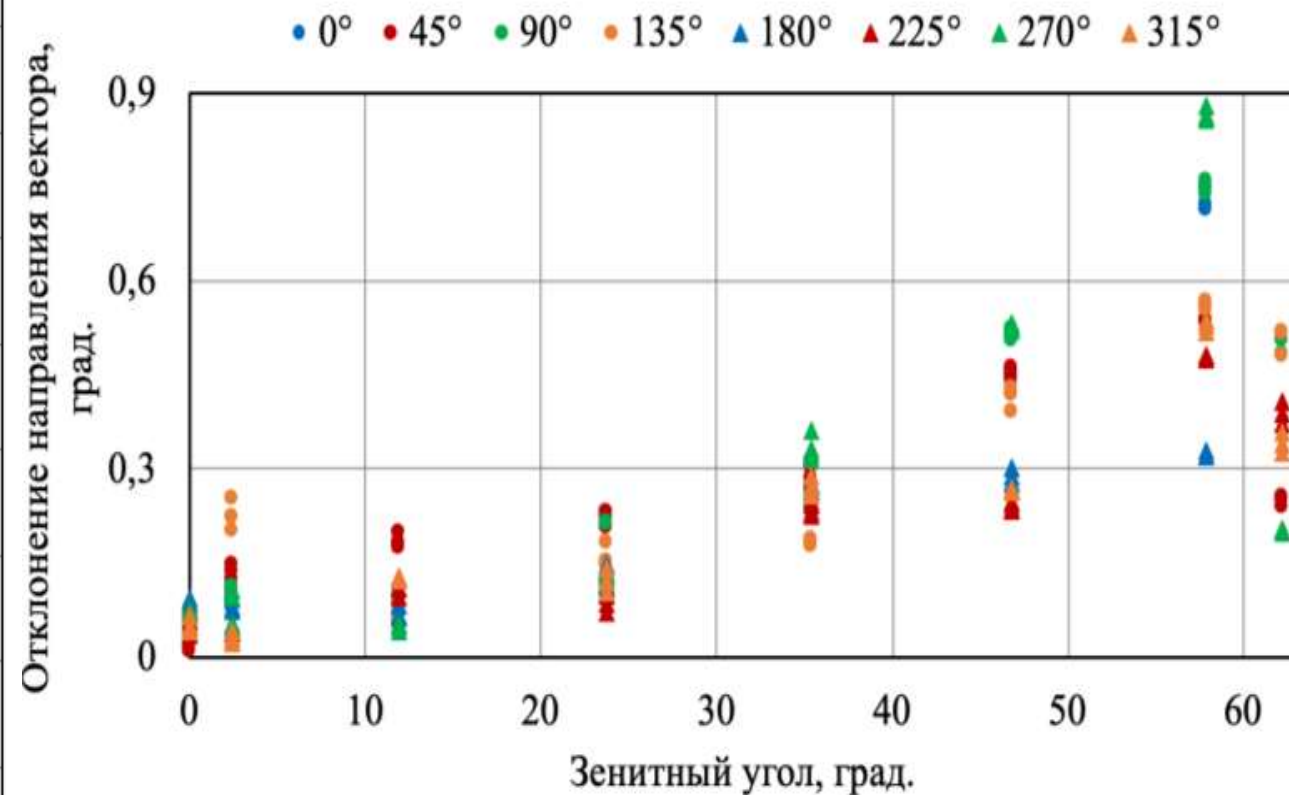


Отклонение измеренных зенитных углов от калибровочной функции, предыдущий результат

Результаты экспериментов



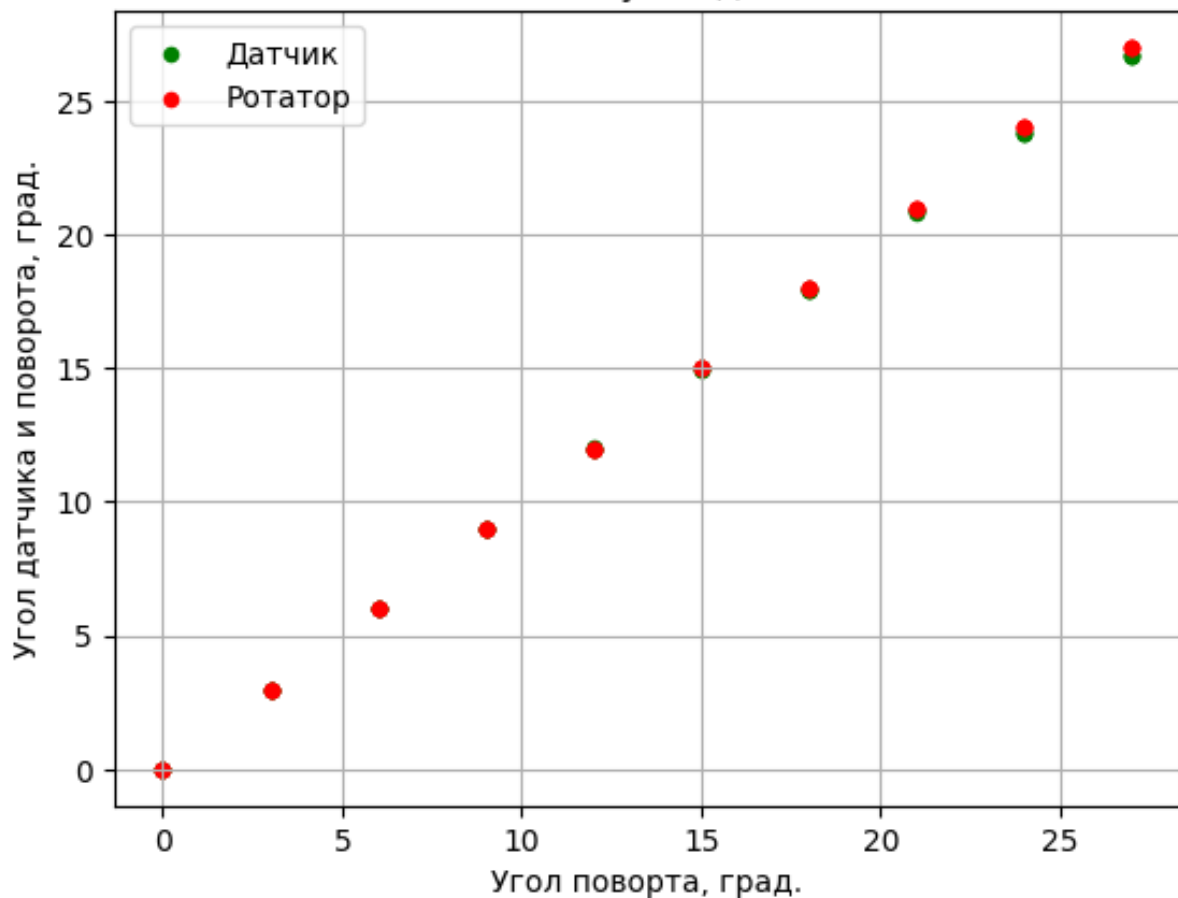
Отклонение направления вектора, текущий результат



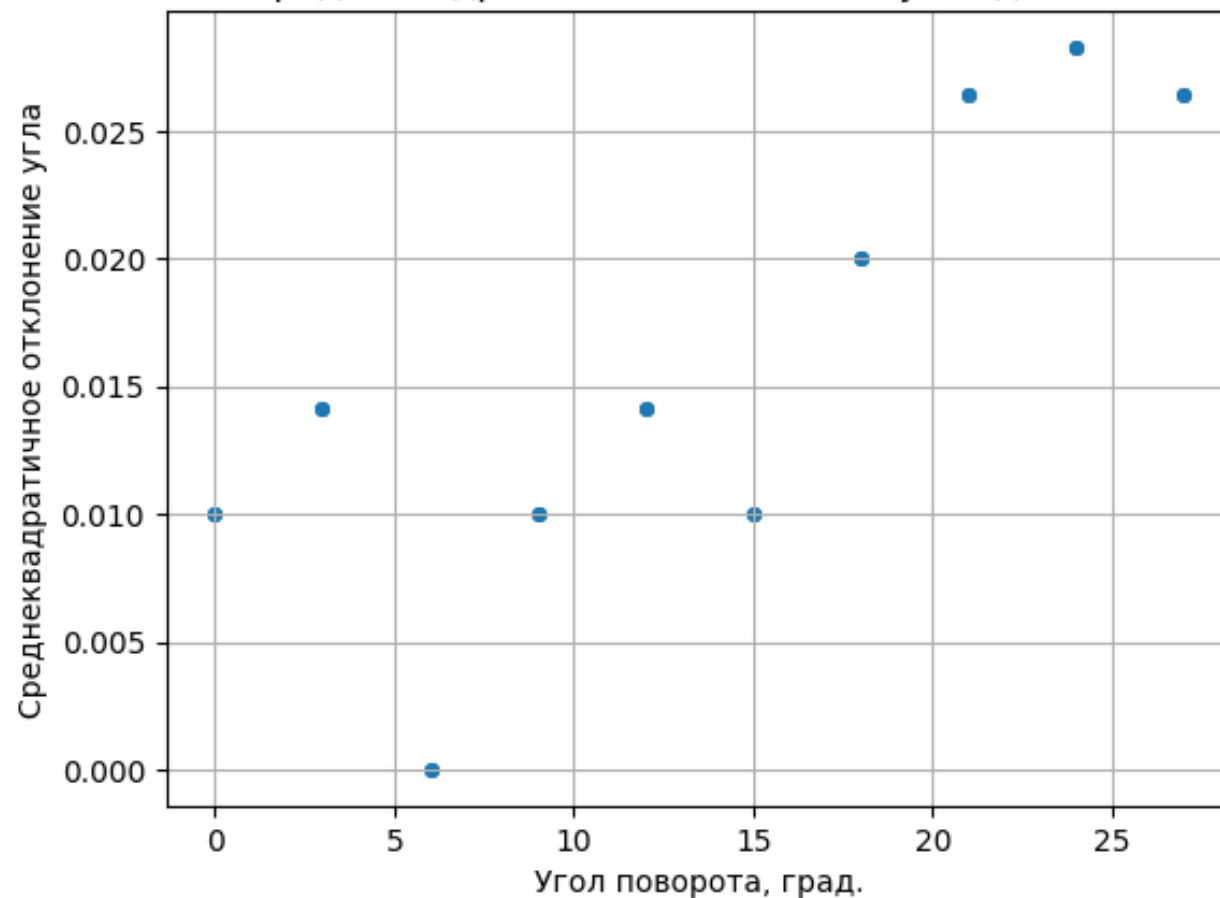
Отклонение направления вектора, предыдущий результат

Результаты экспериментов

Зенитный угол датчика



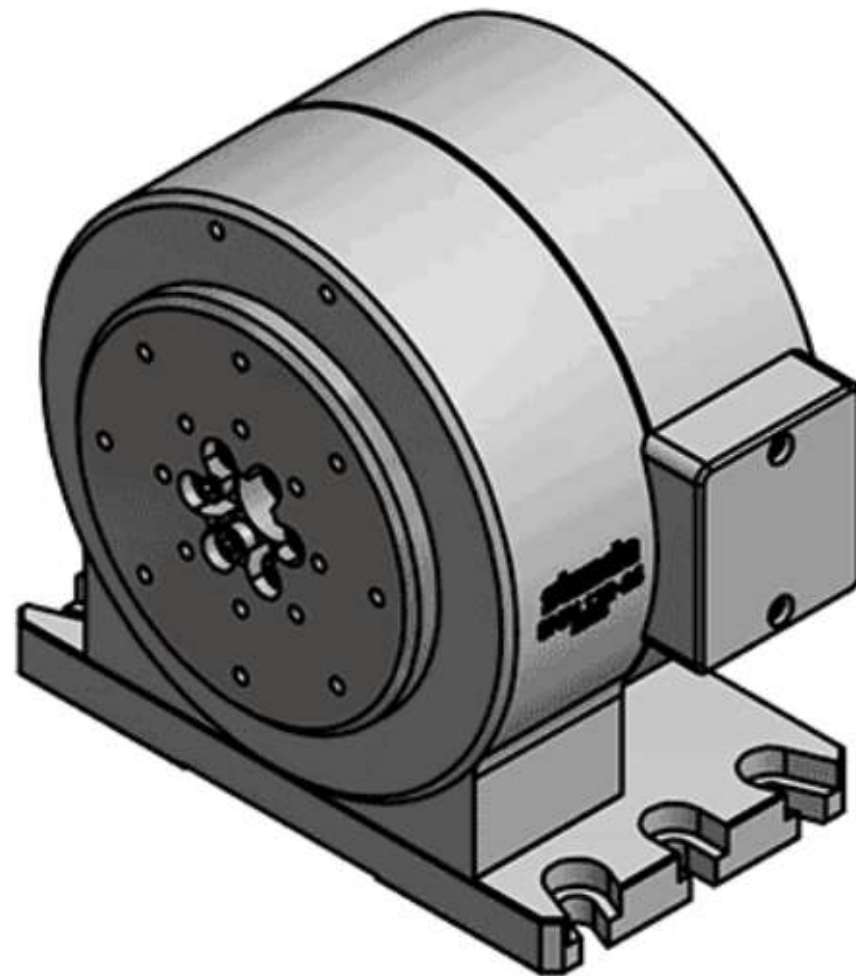
Среднеквадратичное отклонение угла датчика



Текущий средний квадрат отклонения угла датчика – не выше 0.025° , предыдущий – не выше 0.59°

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 угловой скорости поворота датчика
2. Оценить точность определения угловой скорости
3. Провести калибровки датчиков для спутниковой системы Грифон и МКА «Норби-3»