

Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение
города Москвы
«Бауманская инженерная школа № 1580»

ИМИТАТОР СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Автор проекта:

Черненко Михаил Дмитриевич

ученик 10 класса ГБОУ Школа № 1580

Руководитель:

Казакова Юлия Владимировна, к.п.н.,

учитель физики ГБОУ Школа № 1580

Содержание

Актуальность и новизна работы	3
Цель и задачи	3
Анализ аналогов	4
Солнечное излучение	5
Сравнение ксеноновой лампы и светодиодов	6
Поиск источников и их испытания	7
Процесс изготовления	8
Характеристики имитатора	9
Проведение эксперимента	10
Проведение испытаний	11
Результаты работы	12
Перспективы развития	12
Источники информации	12

Актуальность и новизна работы

Современное телевидение и интернет, ГЛОНАСС (рис. 2), исследование космоса – всё это невозможно без спутников. Перед запуском у всех спутников проверяют систему энергоснабжения. Для таких целей существуют имитаторы солнечного излучения, использующие ксеноновые лампы. Но в последнее время количество спутников увеличилось за счёт CubeSat (рис. 1), поэтому появилась идея спроектировать доступный имитатор для их проверки на новой основе - светодиодах.

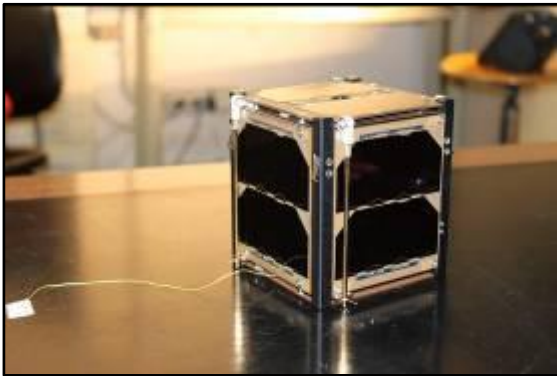


Рис. 1



Рис. 2

Цель работы:

Изготовить имитатор солнечного излучения для проверки работоспособности системы энергоснабжения CubeSat в лабораторных условиях.

Задачи:

1. Изучить характеристики солнечного излучения.
2. Подобрать светодиодные источники света с характеристиками необходимыми для работы CubeSat.
3. Спроектировать модель в программе t-flex.
4. Изготовить имитатор излучения.
5. Провести испытания.

Методы:

1. Поиск и анализ теоретического материала в интернете.
2. Проектирование, конструирование, проведение экспериментов.

Анализ аналогов

Существующие на сегодня имитаторы солнечного излучения (рис. 3, 4, 5) выполнены на основе ксеноновых ламп, цена начинается от 150 тыс. рублей и выше.



Рис. 3

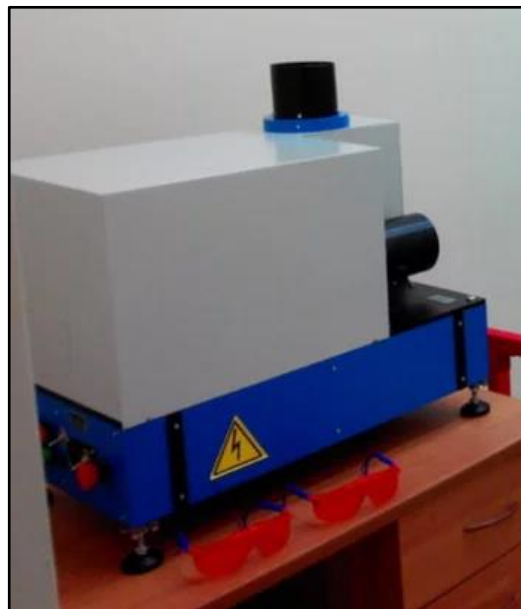


Рис. 4

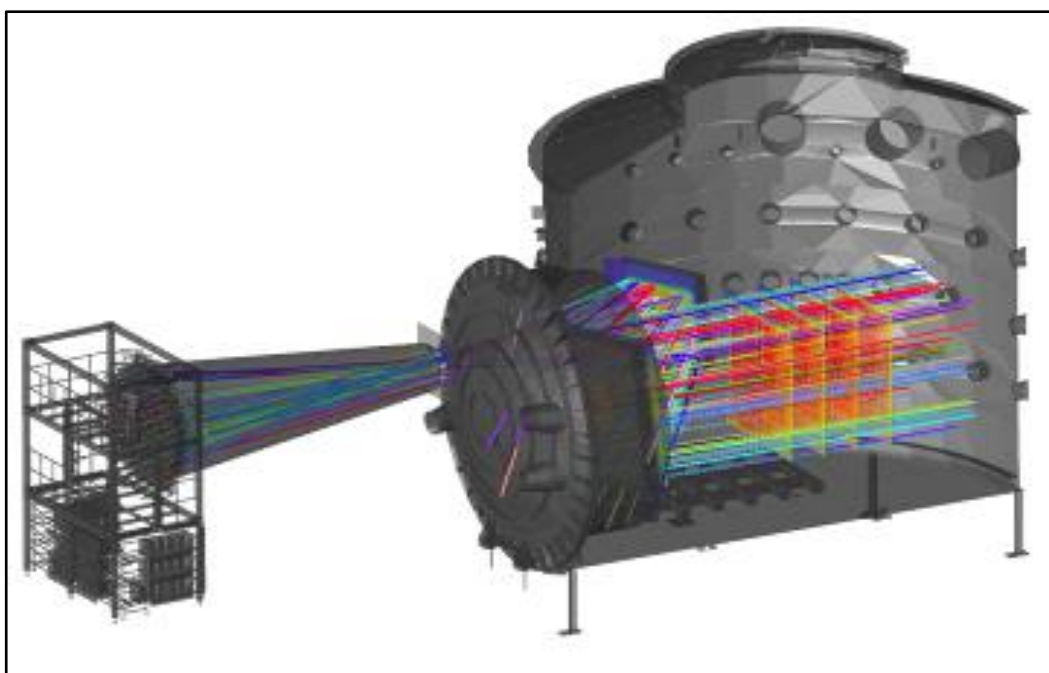


Рис. 5

Солнечное излучение

На рис. 6 указан стандартный (из ASTM G173-03) спектр Солнца за пределами атмосферы (обозначается как AM0), который имеет интегрированную мощность 1366 Вт/м^2 и спектр Солнца на Земле (AM1.5) имеющий мощность 1000 Вт/м^2 .

Но на рис. 7 справа видно, что от материала, из которого сделана солнечная панель, зависит спектр поглощения, поэтому для каждого типа панелей можно сделать имитатор с соответствующим спектром. Мы решили проектировать имитатор для большинства панелей, поэтому выбрали видимый и инфракрасный диапазоны.

Освещенность
поверхности на
единицу длины
волны
(спектральная
излучаемость).

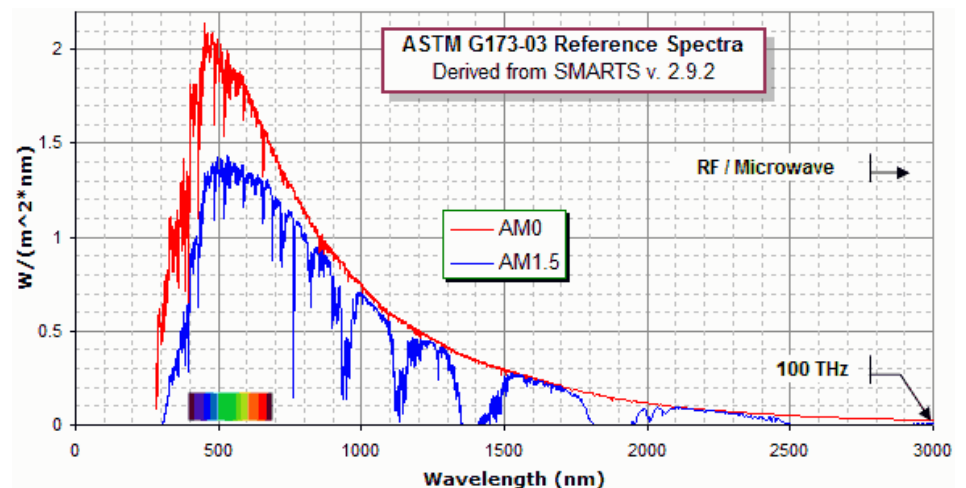


Рис. 6

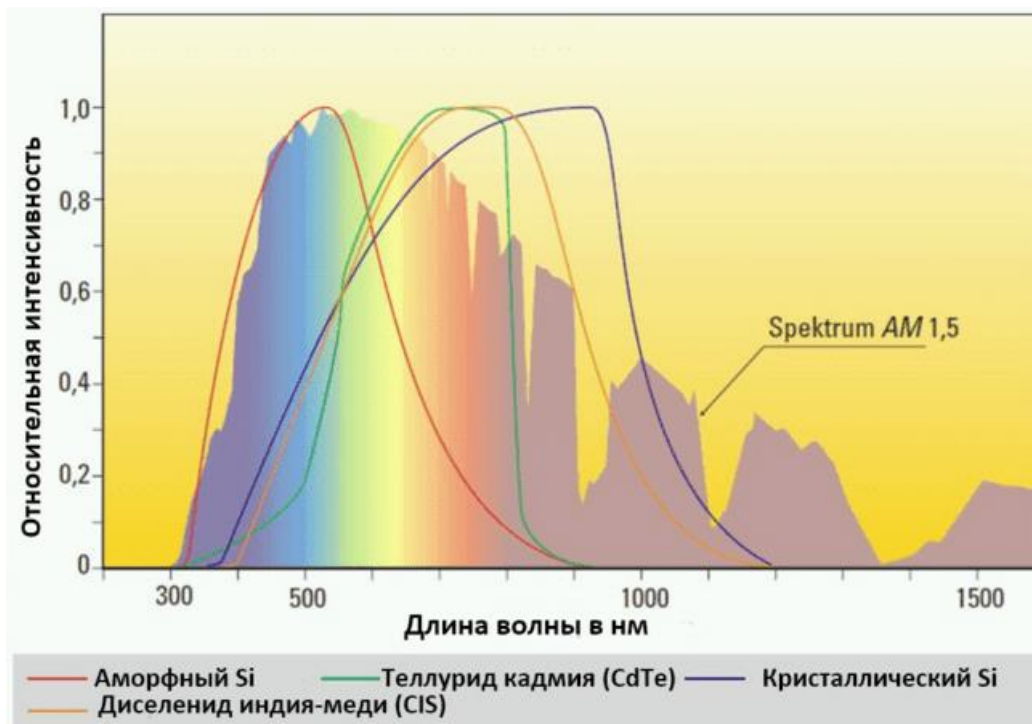


Рис. 7

Сравнение ксеноновой лампы и светодиода

Ксеноновые лампы служат в среднем 750 ч - против 10 тыс. часов у светодиодов.

Спектр ксеноновой лампы (рис. 8) похож на солнечный, но есть выбросы в инфракрасном диапазоне, а спектры светодиодов также похожи на солнечный, но только в связке (светодиоды разных спектров дополняют друг друга).

Цена ксеноновой лампы около 5-10 тыс. рублей, в то время как светодиоды стоят от 20 до 300 рублей.

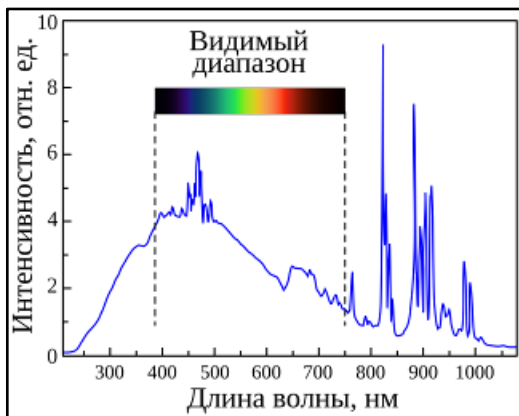


Рис. 8

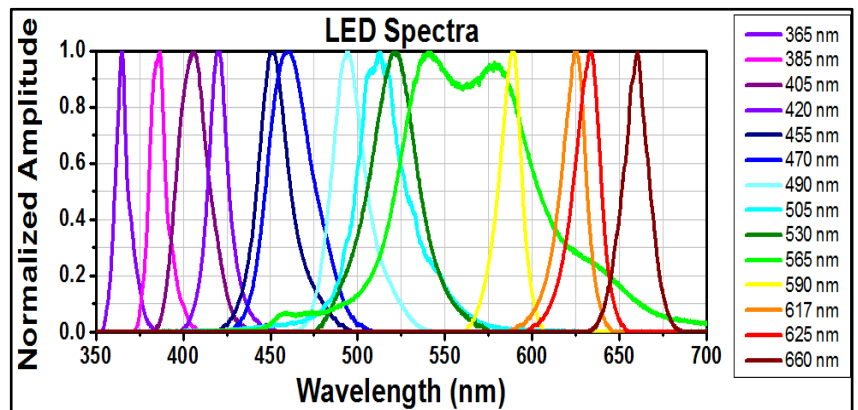


Рис. 9

Рис. 8 - Спектр ксеноновой лампы

Рис. 9 - Спектры разных светодиодов в зависимости от используемых в изготовлении материалов

Поиск источников света и их испытания

- Изучив характеристики различных источников, мы остановились на световом излучателе, потребляющий 60 Вт, и ИК излучателе, потребляющий 15 Вт.
- После расчетов стала известна необходимая электрическая мощность (260 Вт), следовательно необходимо 4 световых и 2 ИК излучателя ($4 \cdot 60 \text{ Вт} + 2 \cdot 15 \text{ Вт} = 270 \text{ Вт}$).
- В ходе испытаний были определены оптимальные расстояния для проведения испытаний: 40 см от ИК излучателя до спутника и 80 см для светового излучателя.

Найти:

P_3 - ?

Дано:

$$S = 0,0225 \text{ м}^2$$

$$M_e = 1366,1 \text{ Вт/м}^2$$

$$V(\alpha) = 0,5$$

$$\eta = 50\%$$

$$F = 80 \text{ лм/Вт}$$

$$1) \Phi_e = M_e \cdot S$$

$$\Phi_e = 0,0225 \cdot 1366,1 = 30,7 \text{ Вт}$$

$$2) \Phi = 683 \cdot \Phi_e \cdot V(\alpha)$$

$$\Phi = 683 \cdot 30,7 \cdot 0,5 = 10484 \text{ лм}$$

$$3) P_{\pi} = \Phi / F$$

$$P_{\pi} = 10484 / 80 = 131 \text{ Вт}$$

$$4) \eta = (P_{\pi} \cdot 100\%) / P_3, P_3 = (P_{\pi} \cdot 100\%) / \eta$$

$$P_3 = (131 \cdot 100) / 50 = 260 \text{ Вт}$$

Процесс изготовления

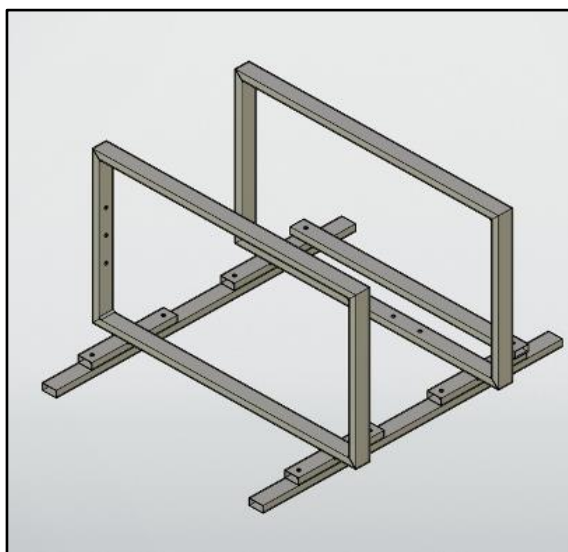


Рис. 10

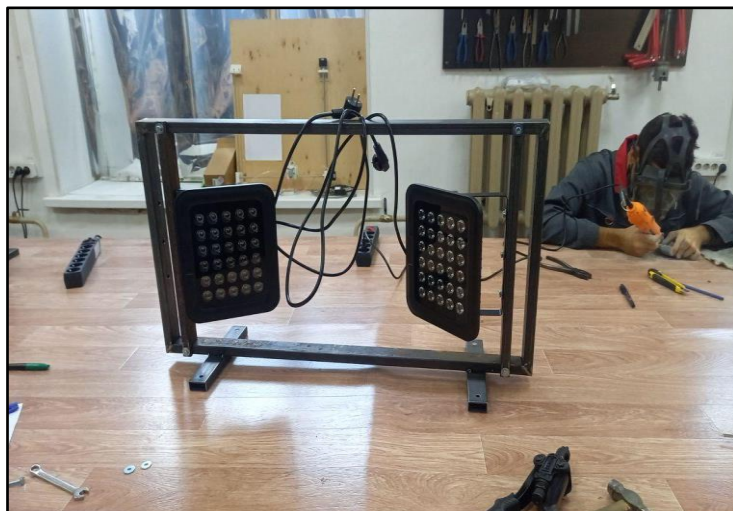


Рис. 12

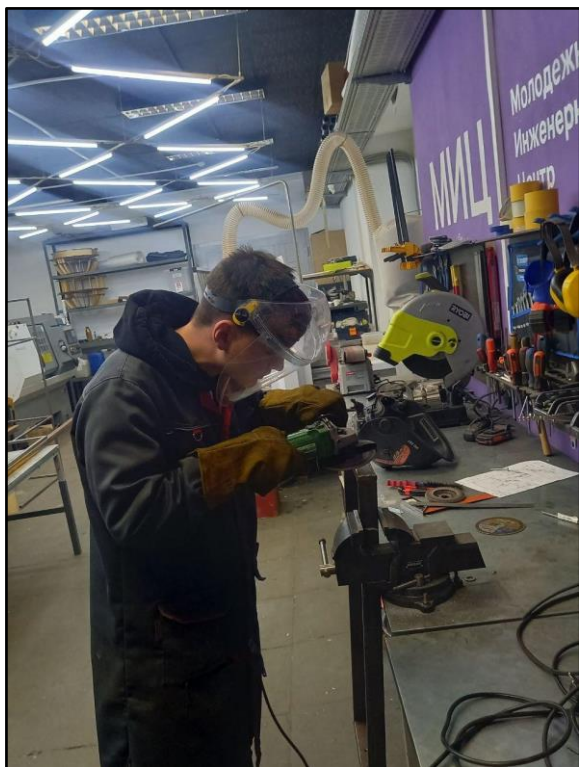


Рис. 11



Рис. 13

Рис. 10 - 3D модель.

Рис. 11 - Изготовление рамы в Молодежном Инженерном Центре.

Рис. 12 - Для уменьшения угла отражения ИК излучатели передвинули ближе к центру.

Рис. 13 - Покраска рамы.

Характеристики имитатора

Габариты 840х740х440 мм

Масса 22 кг

Потребляемая мощность 300 Вт

Рис. 14 - стоимость

	A	B	C	D
1	Позиция	Цена за шт./метр	Кол-во/длина	Сумма
2	ИК прожектор KDM-6053C	7382	2	14764
3	Световая фара	5890	4	23560
4	Профиль	300	8	2400
5	Блок питания RPS-500-23-SF	12180	1	12180
6	Крепежные элементы	600	1	600
7	Удлинитель	500	1	500
8	Итого			54004

Рис. 14

Проведение эксперимента

Цель эксперимента: определить мощность светового потока, спектр имитатора и диаметр пятна.

Ход работы (рис. 15):

- спектрометром измерялся спектр
- термоэлементным датчиком мощности Ophir 3A-SH мощность потока
- линейкой диаметр пятна

Результаты: было получено световое пятно размером 15x15 см и мощностью 1400 Вт/м² на расстояние 40 см от имитатора и спектром на рис. 16.

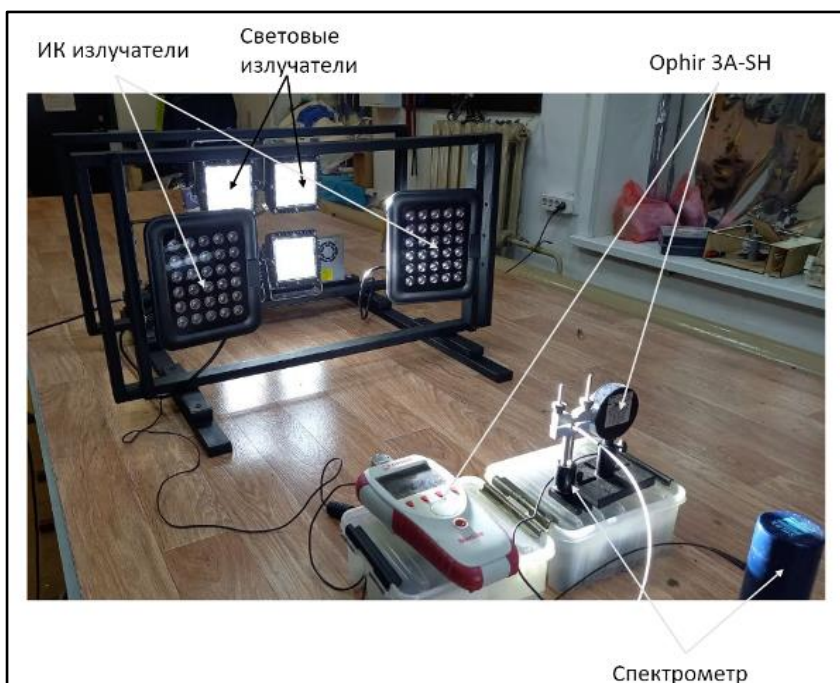


Рис. 15

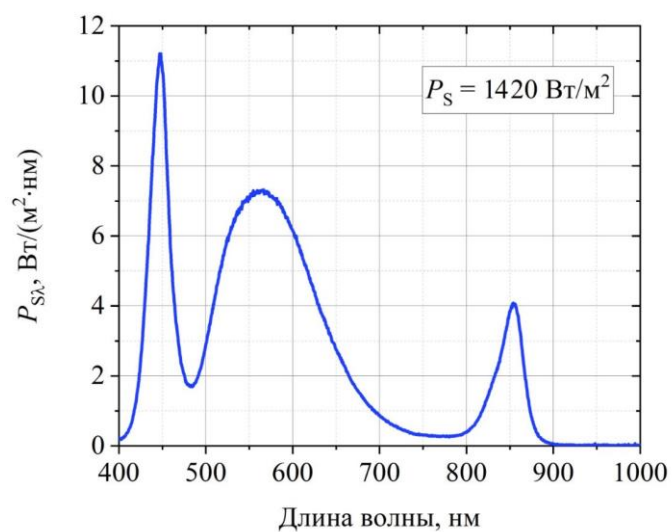


Рис. 16



Рис. 17



Рис. 18

Проведение испытаний

Испытания проводились на панели солнечной батареи размером 15x10 см (рис. 17, 18).

От панели был получен ток 0,5 А, что соответствует её характеристикам.

Вывод

Изготовленный нами имитатор солнечного излучения подходит для проверки работы системы энергоснабжения CubeSat в лабораторных условиях.

Результаты работы

- В ходе работы были изучены характеристики солнечного излучения и излучения светодиодных источников света.
- Был спроектирован, изготовлен и собран имитатор солнечного излучения.
- В ходе испытаний была доказана его эффективность.

Перспективы развития

- Уменьшить массу и габариты установки.
- Уменьшить стоимость.
- Увеличить световое пятно, для тестирования спутников большего размера.

Работа выполнена на базе Молодежного Инженерного Центра и КБ "ПроКИТ".

Источники информации

- Источники излучения, используемые в имитаторах солнечного излучения <https://studfile.net/preview/9380756/page:16/>
- Гелиосфера <http://geliosfera.com/>
- Виды солнечных батарей: сравнительный обзор конструкций и советы по выбору панелей <https://sovet-ingenera.com/eco-energy/sun/vidy-solnechnyx-batarej.html?ysclid=llfjpuw5u9111646548>
- дата последнего обращения к источникам 01.02.24