

б)

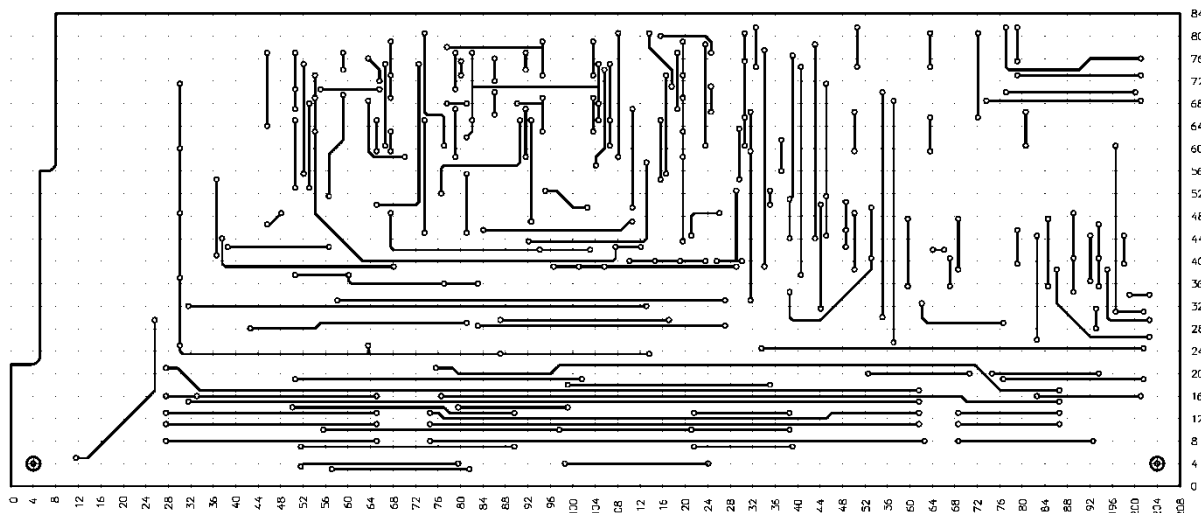


Рисунок 1 – Трассировка ПП УВ  
а) первая сторона ПП; б) вторая сторона ПП

### Список информационных источников

1. Автоматизация проектирования и технология производства печатных плат: учебное пособие / В.А. Овчинников, А.Н. Васильев, В.В. Лебедев. 1-е изд. Тверь: ТГТУ, 2009. – С. 9.

2. Пирогова Е. В. Проектирование и технология печатных плат: Учебник. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. — 560 с.

3. Ребницкий С.В. Композиционные материалы электротехнического назначения на основе полисилоксанов для ремонта и гидроизоляции керамических высоковольтных изоляторов: Дис., канд. техн. наук: СПб., 2005 – 165 с.

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫРАБОТКИ ЭНЕРГИИ ПАНЕЛЯМИ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ НА МАЛОМ КОСМИЧЕСКОМ АППАРАТЕ ТИПА CUBESAT

*Прыгов А.Н.*

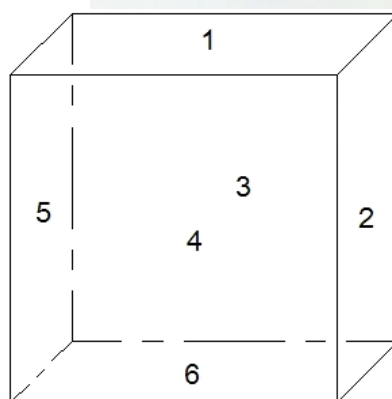
*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Гормаков А.Н., к.т.н., доцент кафедры  
точного приборостроения*

Основной задачей исследования было, экспериментальное определение эффективности выработки энергии солнечными батареями [1] при различной ориентации корпуса «CubeSat» относительно источника светового излучения.

Для исследования был собран макет спутника (рис.1а). В качестве преобразователей световой энергии были использованы солнечные батареи Solar Panel Cell Solar: 80x85 мм; 6V; 0,8W.

Макет спутника 1 (рис.1а) представляет собой куб с размером ребра 100 мм. Каждая панель солнечных батарей была пронумерована (рис.1б).



а

б

Рис. 1. Макет «CubeSat» с панелями:

а - общий вид экспериментальной установки: 1 - макет спутника, 2 - кронштейн поворотный;

б - схема расположения солнечных панелей на макете спутника: 1 - верхняя грань; 2 - правая боковая; 3 – задняя грань; 4 - передняя грань; 5 - левая боковая; 6 - нижняя грань

Макет спутника был установлен на специальном поворотном кронштейне (рис.1а), который обеспечивает ему две вращательные степени свободы [2]. Во время проведения первого эксперимента ориентация макета относительно источника света изменялась только по зенитному углу, а во время второго эксперимента - одновременно как по зенитному, так и по азимутальному углам.

В качестве источника освещения использовалась обычная люминесцентная лампа и уличный дневной свет. Расстояние от установки до лампы 65 см. Напряжение с каждой солнечной батареи измерялось поочередно с помощью мультиметра (Mastech my61).

Макет поворачивался по зениту и азимуту в пределах от 0 до 90 градусов с шагом 10 градусов. На рисунке 3 представлены графики зависимостей напряжения на выходе каждой из шести солнечных панелей от углового положения относительно источника света, снятие данных проходило при лампе дневного света. Расположение солнечных панелей на макете соответствует расположению на (рис.1а), при этом, расположение источник света расположен перпендикулярно верхней грани макета.

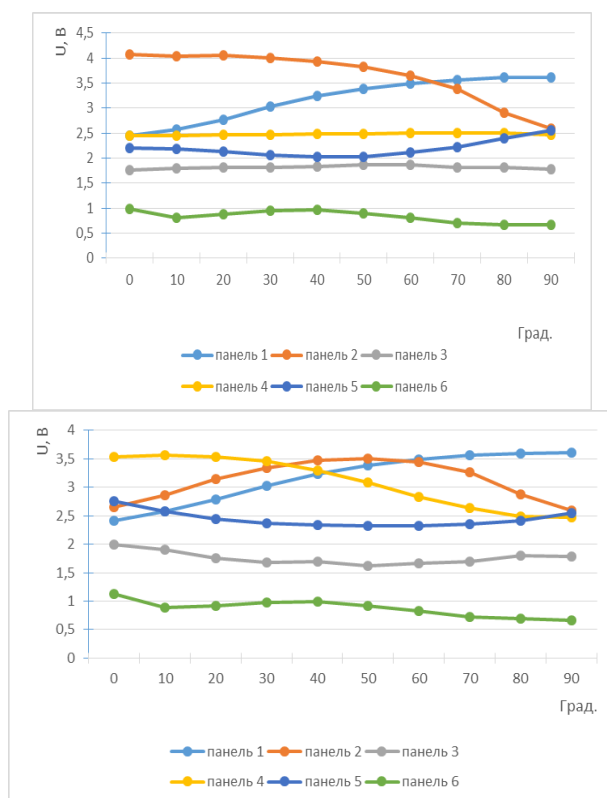
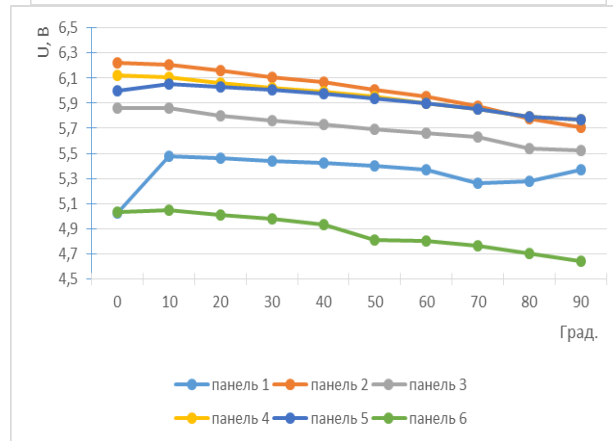
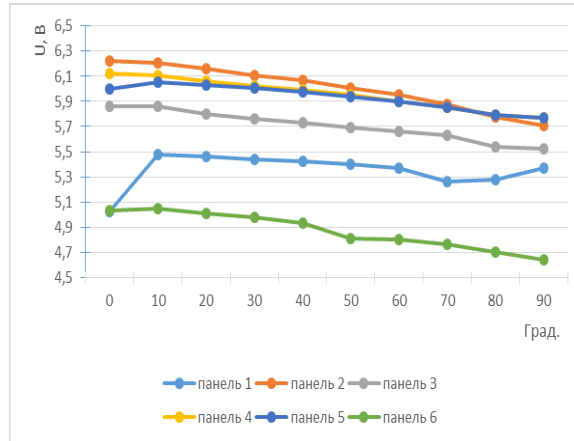


Рис. 3. Графики зависимости напряжения от угла при лампе дневного света:  
а) по зениту; б) по зениту и азимуту одновременно

Затем был произведен эксперимент по снятию напряжения с солнечных батарей, но уже под открытым небом при дневном освещении (рис. 4).



а)

б)

Рис. 4. Графики зависимости напряжения от ориентации панелей макета на Солнце при сплошной облачности: а) по зениту; б) по зениту и азимуту одновременно

Для оценки эффективности выработки энергии всеми панелями солнечных батарей CubeSat произведено суммирование напряжений (рис.5) с каждой панели соответствующего угловых положений, в обоих условиях проведения эксперимента при обычной люминесцентной лампе и при дневном свете соответственно. В эксперименте 3 и 4 были сняты данные при повороте макета по зениту и зениту азимуту соответственно в уличных условиях и их суммарная зависимость от угла показана графически (рис.5 б.)

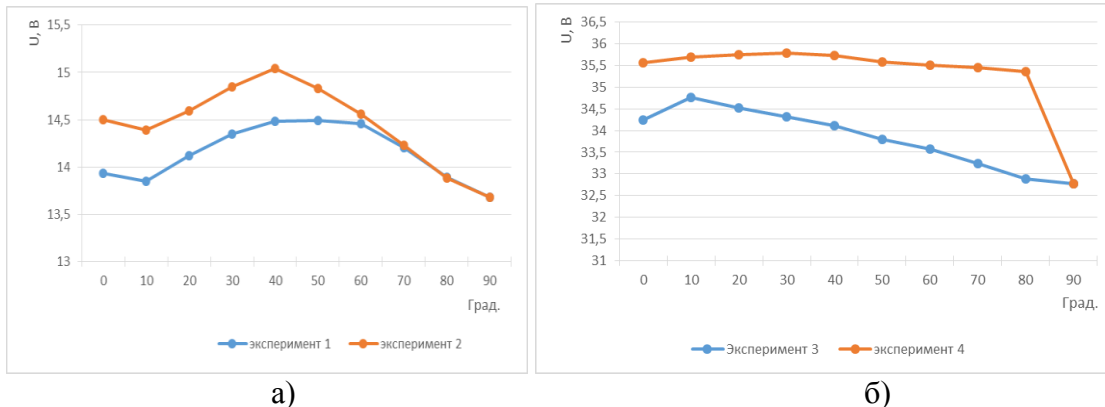


Рис. 5. График зависимости суммарных напряжений от угла:  
 а) источник света - лампа дневного света; б) источник света – Солнце при сплошной облачности

Из экспериментальных данных видно, что при перпендикулярном расположении одной из панелей солнечных батарей макета относительно источника света, эта солнечная батарея выдает наибольшее напряжение. Однако, суммарное напряжение со всех панелей при этом меньше чем, при повороте макета на определённый угол, так как в таком положении другие панели получают больше света.

При изменении только зенитного угла максимальная суммарная выработка энергии (рис.5, а) имеет место при угле 40-45 град. При проведении эксперимента в условиях сплошной облачности, свет рассеянный. При этом явно выраженного экстремума (рис.5, б) не наблюдается.

### Список информационных источников

1. Система энергоснабжения космического аппарата. [электронный ресурс] - Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org>, свободный. – Загл. с экрана.

2. Эффективность использования солнечных батарей при различной ориентации малого космического аппарат формата «CUBESAT» Бояхчян А.А. [электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.scienceforum.ru/2015/854/12148>, свободный. – Загл. с экрана.