

4. Автоматическая установка магнетронного и термического нанесения «Каролина D12A» [Электронный ресурс] <https://ssau.ru/matbaza/device-153>

Жидецкий Никита Дмитриевич, студент группы 6466-110304D. E-mail: nikita-j2014@ya.ru.

Советкина Мария Александровна, старший преподаватель кафедры нанотехнологий.

E-mail: sovetkinam@mail.ru.

Фомченков Сергей Александрович, ассистент кафедры технической кибернетики.

E-mail: s.a.fom@mail.ru.

УДК 621.3.084

## **РАЗРАБОТКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ МОДУЛЯ НАВИГАЦИИ, ИЗМЕРЕНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ МИНИСПУТНИКА**

В.А. Фомин, И.В. Лофицкий

«Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва», г. Самара

**Ключевые слова:** печатная плата, измерение, датчики, навигация.

Перед спутником minisat, являющимся уменьшенной моделью спутника формата cubesat, стоит ряд задач, требующих определения координат местоположения, высоты, скорости, ускорения, вращения и ориентации аппарата относительно земли, а также измерения внешних параметров среды, таких как давление и температура.

Вследствие различных электрофизических принципов измерения, используемых в измерительных датчиках, возникает ряд проблем и ограничений в проектировании устройства, отвечающего требованиям бесперебойного и надежного функционирования. Также для космических аппаратов такого типа предъявляются жёсткие требования к надёжности и длительности эксплуатации без технического обслуживания. Для удовлетворения этих требований были применены различные схемотехнические решения, описывающиеся в данной статье, после чего разработана схема электрическая принципиальная аппарата и осуществлен расчет вероятности безотказной работы в течение 10000 ч. эксплуатации [1].

В основу функционирования модуля навигации и измерений были заложены следующие микросхемы: ICM-20789, MC3413, MMC5603NJ, BMP280, LSM303D, LSM303DLH, DS18B20, LPS331APTR, ATGM336H, Neo-6M, E108-GN02. Сопряжение с вычислительным бортовым устройством, в основу которого лёг микроконтроллер stm32 на базе ядра Cortex-M3, осуществляется с помощью интерфейсов I2C, 1-Wire и UART.

В конструировании космических и летательных аппаратов одной из наиболее важных проблем является жёсткое ограничение по массогабаритным показателям. Следствием этого является необходимость

плотной компоновки электрических компонентов на печатной плате. Благодаря двусторонней компоновке плотность элементов удалось значительно повысить. В результате топологического проектирования в САПР Altium Designer 21 была спроектирована печатная плата модуля (рисунки 1 и 2), а также получены все необходимые для её производства Gerber и BOM файлы. С использованием программного обеспечения Ansys были проведены: моделирования тепловых процессов, вибро- и ударопрочности и электромагнитной совместимости, по результатам которых модуль оказался устойчив к данным явлениям.

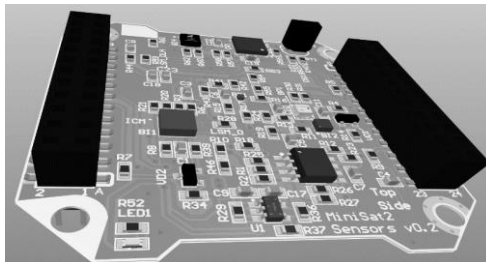


Рисунок 1 – 3D вид спроектированного устройства в САПР Altium Designer 21 (верхняя сторона)

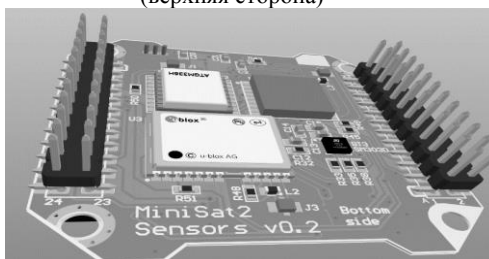


Рисунок 2 – 3D вид спроектированного устройства в САПР Altium Designer 21 (нижняя сторона)

Печатная плата была изготовлена из двустороннего фольгированного стеклотекстолита FR-4, имеющая заданные размеры 48x48 мм. После сборки была проведена отладка модуля, а также испытания на вибро- и удароустойчивость, которые не выявили серьёзных отклонений, способных повлиять на работоспособность аппарата.

#### Список использованных источников

1. Ненашев А.П., Коледов Л.А. Основы конструирования микроэлектронной аппаратуры. - М.: Радио и связь, 1981. -304 с.

Фомин Владимир Анатольевич, студент группы 6174-110403D. E-mail: vladimir.fomin.1999@gmail.com

Лофицкий Игорь Вадимович, доцент кафедры КТЭСиУ. E-mail: [ivl60@mail.ru](mailto:ivl60@mail.ru)