

УДК 621.3

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПОВЕРХНОСТИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

© Григорьев Д.П.

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация*

e-mail: dan-22225@yandex.ru

С развитием запусков космических аппаратов появляется необходимость в своевременной его защите от повреждений, возникающих ввиду воздействия на него микрочастиц космического или техногенного происхождения. Под первыми частицами понимаются микрометеороиды космической пыли, а под вторыми – космический мусор после деятельности людей.

Целью данной НИР является разработка системы регистрации космического аппарата с возможностью выполнения функции контроля состояния его поверхности.

На сегодняшний день разработано множество устройств, позволяющих регистрировать микрочастицы на корпусе космического аппарата. Ими являются: резистивные пленки (датчик CLOTH) [1], малый космический аппарат для регистрации микрочастиц и космического мусора [2], роботы контроля поверхности [3], датчики из печатных плат [4], мишени ионной эмиссии [5], контроль поверхности путем термографии корпуса [6], а также датчики на основе пьезоэлектрических [7] и оптоволоконных преобразователей [8].

Самыми выгодными с точки зрения экономических затрат, размеров и конструктивных исполнений являются пьезоэлектрические преобразователи. Используем эти преобразователи при разработке испытательного стенда.

Для создания испытательного макета выберем алюминиевую пластину размерами 123x102 см и толщиной 5 мм (рис. 1). Пластина перед опытом была отшлифована абразивными кругами с двух сторон зернистостью 80, 120 и 180 для очистки поверхности от разного рода загрязнений. Пластину было решено класть на ряд канцелярских ластиков по ее периметру. Таким образом, центральная часть пластины будет находиться во взвешенном состоянии, и по ней свободно будут распространяться акустические волны без паразитных низкочастотных шумов. Четыре датчика размещены в вершинах квадрата, центр которого будет совпадать с центром пластины. Расстояние от центра пластины (прикинув его за место удара) до угла (датчика) выберем равным 250 мм, т. к. в работе [9] уточняется, что при расстоянии от источника удара до датчика должно быть не более 500 мм. Далее волны не регистрируются вследствие затухания.

В пластине выделено 9 областей: центр, 4 по серединам сторон квадрата с датчиками и 4 возле углов пластины. Имитация удара частички о лист алюминия будет происходить с помощью стального шарика диаметром 3,1 мм.

Для предусилителя были изготовлены 4 двухсторонние платы по разработанной функциональной схеме. Платы будут состоять из двух усилителей: предварительного и оконечного. Первый будет иметь коэффициент усиления 10–20, а второй будет регулироваться в зависимости от результатов замера. Между усилителями поставлен ВЧ-фильтр. К каждой плате предусилителя подведено двухполярное питание от двух одноканальных лабораторных источников питания, а сигналы будут подведены к устройству измерения по экранированному коммуникационному проводу ССС-2G (экранированная витая пара). Поскольку для начала в качестве измерений будет применяться осциллограф со встроенным усилителем, оконечный усилитель

запаиваться не будет, однако площадка под него будет разведена. Осциллографом служил четырехканальный RIGOL с полосой 100 МГц и частотой дискретизации 8 Гвыб/с.

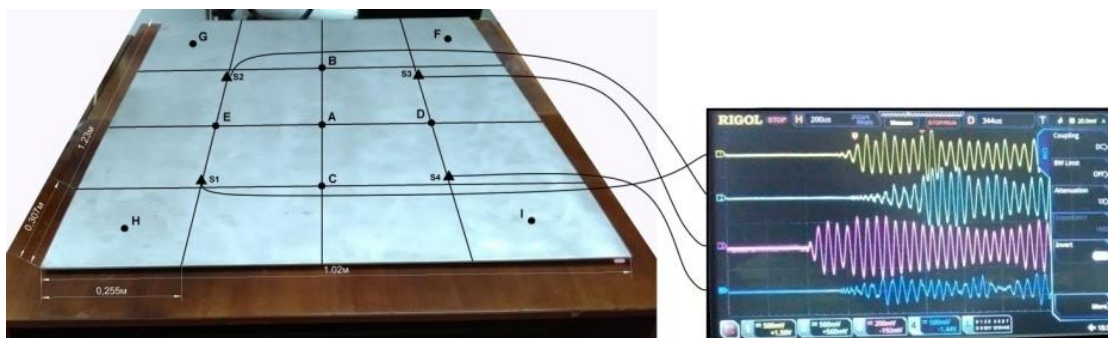


Рис. 1. Экспериментальный макет с осциллограммами сигналов с пьезодатчиков

При проведении эксперимента выходной сигнал с зарядовых предусилителей представлял собой амплитудно-модулированный импульс, несущей у которого являлась синусоида частотой 20 кГц (как резонансная частота пьезодатчика), а огибающей служила механическая волна пластины.

Для определения времени прихода сигнала до каждого датчика в данной работе был предложен алгоритм корреляционного обнаружения, основанный на двукратной корреляции огибающей сигнала пьезодатчика [10]. Огибающая сигнала была получена через преобразование Гильберта.

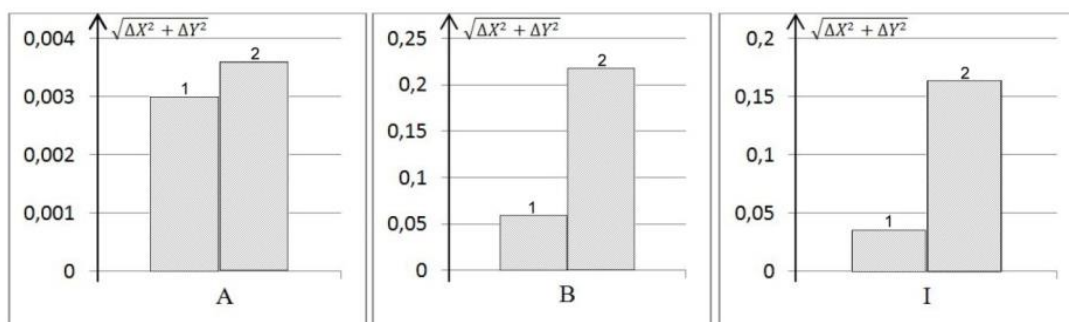


Рис. 2. Сравнительная характеристика погрешностей порогового и корреляционного метода: 1 – корреляционный метод; 2 – пороговый метод

Результаты опыта показали, что временные задержки, полученные в результате корреляционного обнаружения, имеют намного меньше погрешность определения места, чем временные задержки, определенные по принципу превышения шумового порога (рисунок 2) [10].

Библиографический список

1. Satoshi Ikari, Masahiro Fujiwara, Hirotaka Kondo, Shuhei Matsushita, Ichiro Yoshikawa, Kazuo Yoshioka, Reina Hikida, Yosuke Kawabata, Shintaro Nakajima, Ryu Funase // 33rd Annual AIAA/USU Conference on Small Satellites.
2. Семкин Н.Д., Телегин А.М., Видманов А.С., Малый И.О. Малый космический аппарат для регистрации микрометеороидов и частиц космического мусора // Вестник СГАУ. 2016. № Т. 15, № 1. С. 115–121.

3. Hedley M., Hoshke N., Johnson M., Lewis C., Murdoch A., Price D., Prokopenko M., Scott A., Wang P., Farmer A. Sensor Network for Structural Health Monitoring // Proceedings of the 2004 Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing Conference. 14–17 Dec. Austrajia, 2004.
4. Faure Pauline, Masuyama Shingo, Nakamotoa Hiroshi, Akahoshi Yasuhiro, Kitazawa Yukihiro, Koura Takao. Space Dust Impacts Detector Development for the Evaluation of Ejecta // Procedia Engineering. 2013. Vol. 58. P. 594–600.
5. Семкин Н.Д., Изюмов М.В., Телегин А.М. Использование открытых элементов КА в качестве датчиков микрометеоритов и космического мусора // Прикладная физика. 2010. № 4. С. 131–136.
6. Howell P.A., Winfree W.P., Elliott Cramer K. Infrared on-orbit inspection of shuttle orbiter reinforced carbon-carbon using solar heating // Optics and Photonics. USA, 2005.
7. Capineria L. Bullettia L., Calzolaia M., Francesconib D. A real-time electronic system for automated impact detection on aircraft structures using piezoelectric transducers // Procedia Engineering. 2014. № 87. P. 1243–1246.
8. Javier G., Zubia1 Joseba, Aranguren1 Gerardo, Durana1, Gaizka, Saez. Idurre Impact Detection in Aeronautical Structures Using Fibre Bragg Grating (FBG) Arrays // OSA Sensors. 2010. P. 1.
9. Матвиенко Ю.Г., Иванов В.И., Васильев И.Е., Чернов Д.В., Мищенко И.В. Определение скорости распространения волнового пакета в композитных материалах // Приборы и техника эксперимента. 2020. № 1. С. 115–120.
10. Воронов К.Е., Григорьев Д.П., Телегин А.М. Исследование алгоритмов для системы контроля поверхности космического аппарата на основе пьезодатчиков // Авиакосмическое приборостроение. 2021. № 1. С. 40–50.