

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ВСПЕНЕННЫХ МЕТАЛЛОВ  
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ  
АППАРАТОВ**

С.П. Смолев, В.Д. Позднякова, С.О. Пилюгин

Научный руководитель: профессор, д.т.н., В.Я. Геча

Акционерное общество «Научно-производственная корпорация «Космические системы мониторинга, информационно-управляющие и электромеханические комплексы» имени А.Г. Иосифьяна»

107078, Российская Федерация, город Москва, Хоромный тупик, дом 4, строение 1

E-mail: [smolev\\_serгей@mail.ru](mailto:smolev_serгей@mail.ru)

Как известно, корпуса современных отечественных КА создаются преимущественно на основе металлических каркасных конструкций и сотовых алюминиевых панелей. Для таких аппаратов уже достигнуто оптимальное соотношение масса/прочность (жесткость) и их существенная модернизация невозможна. Вместе с тем, при сегодняшней высокой стоимости единицы веса полезной нагрузки, выведенной на орбиту, остается актуальной проблема снижения веса основной конструкции до допустимого минимума [1, 2]. Также, существуют проблемы обеспечения качества данных российских систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), обеспечения высокой степени защиты радиоэлектронной аппаратуры КА от воздействия факторов космического пространства, а также продления срока активного существования КА.

Одним из решений для дальнейшего улучшения характеристик КА может стать использование нового конструкционного материала на основе вспененного металла, удовлетворяющего многочисленным требованиям.

Вспененный алюминий обладает уникальной совокупностью свойств, привлекающей специалистов различных отраслей промышленности по всему миру. В настоящий момент вспененные металлы используются для самых разнообразных целей: от звукопоглощающих конструкций в строительстве до усиления брони военных ангаров и убежищ в районах боевых действий [3, 4]. Существует также несколько примеров применения вспененного алюминия в авиастроении и аэрокосмической отрасли [5, 6]. Кроме того, рассматривается применение вспененного алюминия при изготовлении элементов корпуса и конструкций КА, предназначенных для защиты от воздействия метеоритных частиц, а также для укрепления несущих конструкций спутников [7, 8]. Однако к настоящему моменту не было выявлено попыток отечественных или зарубежных специалистов аэрокосмической отрасли изготовить корпус космического аппарата из материалов на основе пенометалла.

Проведенные исследования и анализ свойств пеноалюминиевых панелей типа «сэндвич» позволяют предположить возможность его успешного использования в качестве конструкционного материала для изготовления корпуса КА.

Сравнительный анализ свойств материала на основе ПА со свойствами сотовых панелей показал, что к преимуществам нового материала можно отнести более высокие удельную жесткость, прочностные характеристики и способность к защите от ионизирующего излучения, а также высокую демпфирующую способность и относительную простоту механической обработки материала и технологических манипуляций с ним.

Спроектирована корпусная конструкция макета малого космического аппарата с габаритами 620×580×580 мм. Для этого были выбраны способы соединения панелей между собой и крепления к ним полезной нагрузки, проведены прочностные испытания торцевых и фронтальных соединений на вырыв, сдвиг и затяг, а также выполнены прочностные расчеты.

Следующим этапом работы стало проведение испытаний изготовленного макета корпуса МКА с имитацией полезной нагрузки на вибропрочность при воздействии динамических нагрузок на этапе выведения КА на орбиту (рис. 1). Отношение массы несущей конструкции к общей массе собранного макета космического аппарата составило  $m_k/m \approx 0,2$ . Проведенные исследования показали сохранение несущей способности конструкции после этапа выведения.

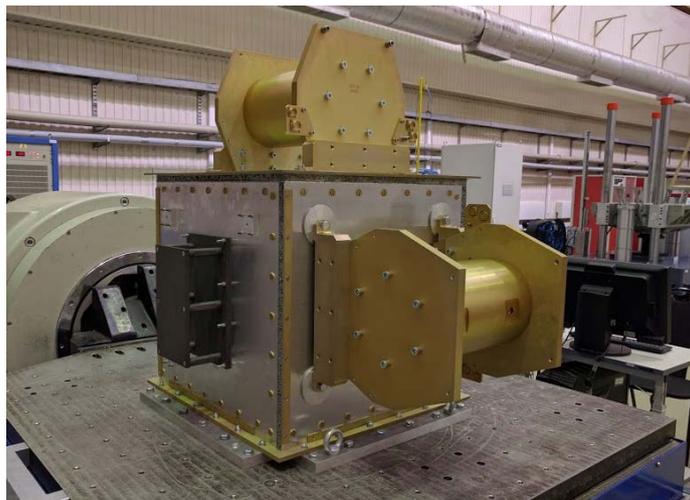


Рис. 1. Динамический макет корпуса КА из пеноалюминиевых панелей с массогабаритными имитаторами полезной нагрузки

Таким образом, использование пеноалюминиевых сэндвич-панелей в качестве конструкционного материала для корпуса КА позволяет:

- существенно снизить уровни ударных нагрузок на бортовые приборы космического аппарата и КА в целом при подрыве пирострел на этапе отделения от ракеты-носителя за счет высокой способности ПА к поглощению вибраций;
- получать более точные результаты работы прецизионного бортового оборудования за счет общего снижения вибрационного фона на орбитальном участке;
- снизить массу несущей конструкции КА за счет отказа от каркасной силовой рамы из-за более высокой удельной жесткости, прочности при сжатии и изгибе и изотропности материала;
- повысить защиту КА от воздействия метеоритных частиц за счет высокой способности пеноалюминия к демпфированию ударов;
- повысить защиту КА от воздействия ионизирующего излучения космического пространства за счет общего увеличения плотности материала;
- снизить общее время изготовления, а также существенно снизить стоимость корпуса КА за счет уменьшения количества производственных этапов из-за отказа от силовой рамы и большей технологичности сэндвич-панелей по сравнению с сотовыми алюминиевыми панелями.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Eugene B. Konecni, Maxwell W. Hunter II, Robert F. Trapp. Space age in fiscal year 2001 // proceedings of the IV AAS Goddard Memorial symposium. – Washington DC, 1966.
2. Овчинников М.Ю. Малые мира сего // Компьютерра. – 2007. – № 15 – С. 37–43.
3. Лепешкин И.А. Сэндвич-панели из вспененного алюминия. Перспективы применения // Известия МГТУ «МАМИ». – 2010. – № 1(9). – С. 136–147.
4. Thornton P.H., Magee C.L. The deformation of aluminium foams // Met. Trans. A. – 1975. – V. 6A. – № 6. – P. 1253–1263.
5. Крушенко Г.Г. Технологии и механизмы формирования пенометаллов и их применение в летательных аппаратах II // Вестник СибГАУ. – 2014. – №1 (53). – С. 154–160.
6. John Banhart, Hans-Wolfgang Seeliger. Aluminium foam sandwich panels: manufacture, metallurgy and applications // AEM Special – Metfoam. – Montreal, 2007. – P. 1–25.
7. Grilec K., Maric G., Milos K. Aluminium foams in the design of transport means // Promet – Traffic&Transportation. – 2012. – V. 24. – № 4. – С. 295–301.
8. Banhart J. Manufacture, characterization and application of cellular metals and metal foams // Progress in materials science. – 2001. – V. 46. – С. 559–623.