

УДК 62-754

Повышение ударостойкости защищенных бортовых накопителей

**В. Н. Морозов, С. В. Колесников,
И. В. Цетлин, В. Б. Профе, А. В. Иванов,
В. С. Дрожжин, Ю. В. Скорочкин,
А. А. Куфтин, С. С. Шеховцев**

Изложены особенности проектирования приборов специального назначения в условиях ударных воздействий высокой интенсивности, проектирования элементов ударозащиты на основе синтактных пен. Приведены результаты экспериментальной отработки прибора с применением ударозащитного материала. Предложена конструкция защищенного бортового накопителя, отличающегося повышенной стойкостью к ударным воздействиям высокой интенсивности.

В состав современных бортовых устройств регистрации (БУР) входят защищенные бортовые накопители (ЗБН), обеспечивающие защиту информации с воздушного судна (ВС) в условиях действия различных внешних воздействующих факторов (ВВФ) при авиационном происшествии (АП) [1]. Наибольшее влияние на ЗБН оказывают следующие ВВФ: внешняя температура, ударные нагрузки, вода и агрессивные жидкости (топливо и прочие горючесмазочные вещества). При этом, как правило, потеря информации при АП происходит вследствие разрушения ЗБН при ударных и других механических нагрузках. Анализ причин потери информации ЗБН Су-24, сбитого турецкими военными над Сирией, показывает, что разрушение функциональных узлов ЗБН (печатные платы с микросхемами памяти и другими электрорадиоизделиями (ЭРИ) произошло именно вследствие экстремальных ударных нагрузок (рис. 1).

В соответствии с ОСТ 1 01080-95 «Устройства регистрации бортовые с защищенными накопителями. Общие технические требования» ЗБН должен сохранять свою работоспособность при воздействии:

- одиночного удара полусинусоидальной формы с максимальной нагрузкой до 3400 g с длительностью импульса $\sim 6,5$ мс;
- статической нагрузки величиной до 22,15 кН, прилагаемой непрерывно по каждой из трех осей в течение 5 мин, но не одновременно;
- прокалывающего удара стального бруса массой 226 кг с высоты 3 м на одну поверхность. Площадь контакта стержня с ЗБН – $0,32 \text{ см}^2$.



Рис. 1. Внешний вид ЗБН Су-24 после катастрофы

Практика расследования АП также показывает, что действие на ЗБН ВВФ происходит, как правило, в различных сочетаниях [1], но преобладают механические факторы:

- в 70 % АП – воздействия механических и тепловых нагрузок;
- в 20 % АП – воздействия механических нагрузок и воды (агрессивных жидкостей);
- в 10 % АП – другое сочетание факторов.

РФЯЦ-ВНИИЭФ на протяжении многих лет успешно занимается разработкой приборов специального назначения для эксплуатации в условиях повышенных механических нагрузок, в т. ч. ударных воздействий большой интенсивности. Многолетний опыт разработки и отработки малогабаритной бортовой аппаратуры (МБА) показывает, что полное ее заполнение жесткими компаундами или пенопластами (например, ППУ-305А) с целью повышения жесткости элементов конструкции и ЭРИ является достаточно эффективным средством защиты от механических ВВФ [2].

На рис. 2 показан внешний вид прибора до и после испытания на ударные воздействия с максимальной перегрузкой ~ 10000 g и длительностью ~ 7 мс (рис. 3). Конструкция данного прибора показана на рис. 4, внутренний объем прибора заполнен жестким компаундом (пенопласт ППУ-305А). Прибор сохраняет работоспособность в процессе ударного воздействия (рис. 3) и после него.



Рис. 2. Внешний вид прибора до и после ударного воздействия с формой, показанной на рис. 3:
а – до удара, б – после удара

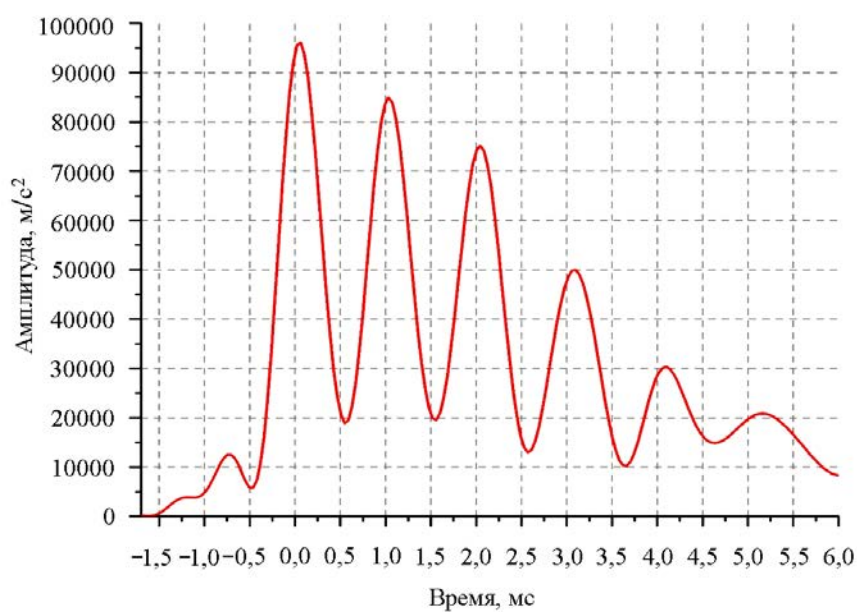


Рис. 3. Параметры испытательного ударного воздействия

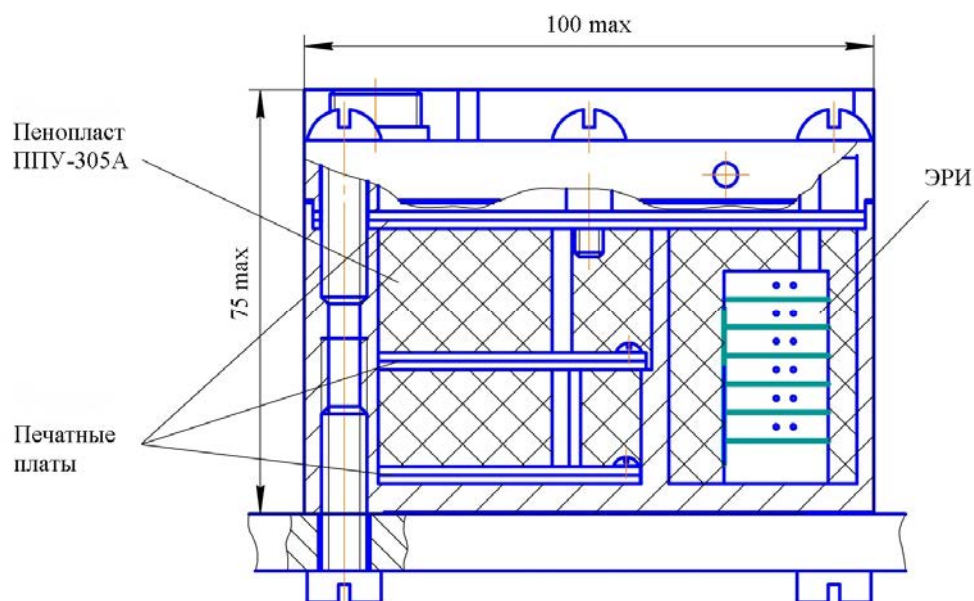


Рис. 4. Конструкция прибора, заполненного пенопластом ППУ-305А

Тем не менее, использование такого способа защиты от механических ВВФ в конструкции ЗБН ВС вряд ли может найти широкое применение из-за одного значительного недостатка – при полном заполнении аппаратуры жесткими компаундами и пенопластами прибор становится практически неремонтопригодным во время эксплуатации.

В качестве одного из перспективных средств защиты от механических воздействий может быть использовано полное заполнение ЗБН материалом на основе полых расширяющихся полимерных микросфер (синтактных пен). При фиксации или при формовании такого материала перемещения его компонентов минимальны, сравнимы с размером микросферы. Средний размер исходных частиц составляет 10–30 мкм. Предложена технология, основанная на смешивании полимерных нерасширенных микросфер с различными низкоплотными микросферами – органической или неорганической природы. При нагревании нерасширенные полимерные микросферы расширяются и заполняют промежутки между другими микросферами, образуя однородную среду. Технология позволяет создавать на основе смесей полых расширяющихся полимерных микросфер с различными низкоплотными микросферами заполнение с широким диапазоном механических свойств, т. е. фактически создавать требуемый под конкретное применение материал.

Важным отличием такой технологии заполнения от традиционной (заполнение аппаратуры пенопластом ППУ-305А) является то, что прибор помещается в печь и подвергается нагреву до температуры расширения микросфер. В настоящий момент удалось создать синтактную пену с приемлемыми характеристиками для защиты ЗБН от механических воздействий при температуре спекания 80–90 °С. Нагрев производится со скоростью 1–2 °С/мин, при достижении температуры расширения микросфер прибор, заполненный синтактной пеной, выдерживается при данной температуре в течение 60 мин. По истечении времени выдержки нагрев печи прекращается и печь с макетом охлаждается до 60 °С. Затем прибор охлаждается до нормальной температуры.

В случае необходимости замены в аппаратуре (заполненной синтактной пеной) ЭРИ или других элементов конструкции (например, при ремонте или доработке) синтактная пена без особых усилий выбирается из него с помощью скальпеля или специального растворителя. ЭРИ извлекается и заменяется; объем, из которого выбрана пена, заполняется недостающей смесью. После доработки прибор повторно нагревается для формования досыпанной пены. На рис. 5 показан внешний вид синтактной пены в приборе и печатной платы с ЭРИ после очистки синтактной пены, на рис. 6 – результаты испытаний макета прибора, заполненного синтактной пеной на ударное воздействие.

Данная технология является наиболее перспективной для защиты ЗБН от механических воздействий.

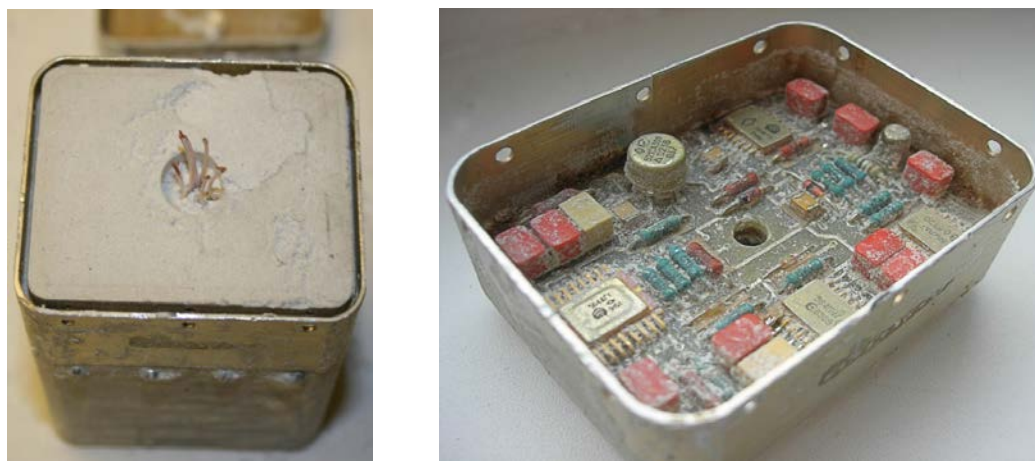


Рис. 5. Внешний вид прибора, заполненного синтактной пеной, и печатной платы с ЭРИ после очистки синтактной пены

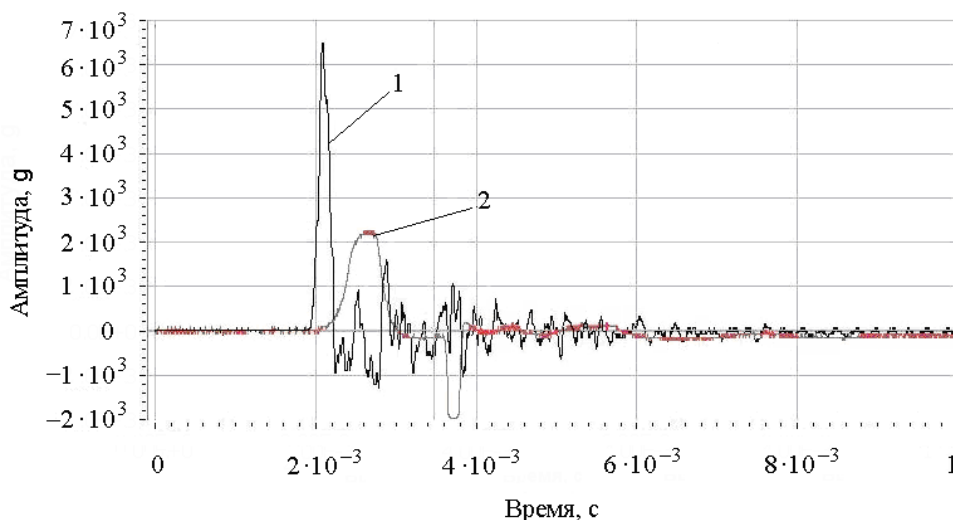


Рис. 6. Результаты испытания аппаратуры, заполненной синтактной пеной, на ударное воздействие: 1 – исходное ударное воздействие (внешнее воздействие на аппаратуру); 2 – ударное воздействие на ЭРИ, защищенные синтактной пеной

Для значительного снижения амплитуды ударного воздействия устройства ударозащиты конструкций ЗБН с использованием синтактных пен должны быть выполнены в виде прокладок, устанавливаемых в местах крепления печатных плат (ПП) или в виде демпфирующей прослойки, равномерно распределенной по всей поверхности защищаемого объекта в направлении, перпендикулярном направлению ударного воздействия. Такой тип крепления критичных к ударным нагрузкам элементов получил название «плавающая конструкция» [3].

Таким образом, можно представить конструкцию ЗБН с повышенной стойкостью к ударным воздействиям большой интенсивности и другим механическим ВВФ. На рис. 7 показана конструкция ЗБН с применением описанных выше технологий защиты от ВВФ по ОСТ 101080-95.

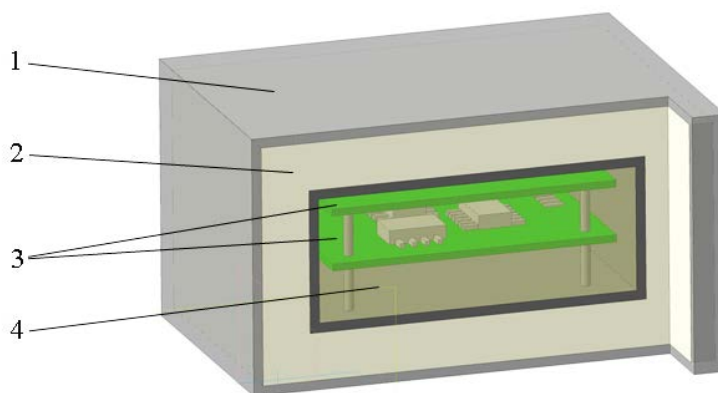


Рис. 7. Конструктивная схема ЗБН с повышенной стойкостью к ударным воздействиям большой интенсивности: 1 – жесткий (титановый или стальной) корпус для защиты от механических ВВФ проникающего типа; 2 – защита (асбест или другие материалы) от ВВФ теплового типа (пожар и т. д.); 3 – печатные платы ЗБН с ЭРИ; 4 – виброударозащитный материал (синтактные пены)

Накопленный в РФЯЦ-ВНИИЭФ опыт создания специальной МБА, стойкой к ударным и другим механическим воздействиям большой интенсивности, может быть положен в основу разработки новых или модернизации существующих ЗБН повышенной стойкости к ударным воздействиям с амплитудой более 6000 g.

Список литературы

1. Семенов А. Что мешает расследованию авиапроисшествия // Авиапанорама. 2010. № 3. С. 26–27.
2. Иванов А. В., Куфтин А. А., Демарева А. И. и др. Защита малогабаритной бортовой аппаратуры от вибрационных и ударных воздействий // Проектирование и технология электронных средств. 2015. № 2. С. 35–39.
3. Пат. 2385554 РФ, МПК H05K 5/00. Способ защиты аппаратуры от ударных воздействий / А. В. Иванов, П. В. Хохлов, В. С. Дрожжин, Ю. В. Скорочкин, В. А. Денисова // Бюл. 2010. № 9.

Shock Resistance Growing of Protected Board Storage Devices

V. N. Morozov, S. V. Kolesnikov, I. V. Tsetlin, V. B. Profe, A. V. Ivanov, V. S. Drozhzhin,
Yu. V. Skorochkin, A. A. Kuftin, S. S. Shekhovtsev

The design features of special destination devices in conditions of high intensive shock are posed in the article. The design features of shock defense elements using syntactic foams are posed. The results of device's experimental researches using shock resistant material are presented. The construction of protected board storage device is suggested, differing high resistance to high intensive shock.