

По результатам работы можно сделать вывод о перспективности замены магнитных систем из китайских спеченных редкоземельных магнитов на российские магнитные системы из редкоземельных магнитопластов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rapidly Solidified Neodymium-Iron-boron Permanent Magnets / John J. Croat, Woodhead Publishing Series in Electronic and Optical Materials, 2018.

УДК 634.377

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТАЛОСТНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ БПЛА

М.Н. ПИЦОВ, С.Е. БЕЛЬСКИЙ, А.В. БЛОХИН,
А.И. СУРУС, А.М. ЛОСЬ

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

Развитие беспилотных технологий – одно из самых перспективных направлений. Республика Беларусь наряду с другими государствами участвует в разработках по реализации данных технологий. В будущем это приведет к увеличению безопасности, экономическому росту и развитию социальной сферы страны в целом.

Применение БПЛА в современном мире имеет высокую актуальность. В частности, БПЛА нашли широкое применение в задачах радионавигации, радиолокации, радиоэлектронных системах связи и др. Одними из важнейших этапов при построении беспилотной системы являются ее проектирование и проведение испытаний [1].

В процессе проектирования определяются важнейшие критерии, параметры и порядок выполнения работ для разрабатываемой беспилотной системы. Без проведения этапа процесса проектирования самого проекта беспилотника его построение является не столько невозможным, сколько бесполезным. А этап процесса проведения испытаний позволяет выявлять ошибки алгоритмов работы беспилотной системы еще до ее запуска в серийное производство. В случае с объектами повышенной опасности, а именно транспортными средствами, данные этапы являются обязательными [1].

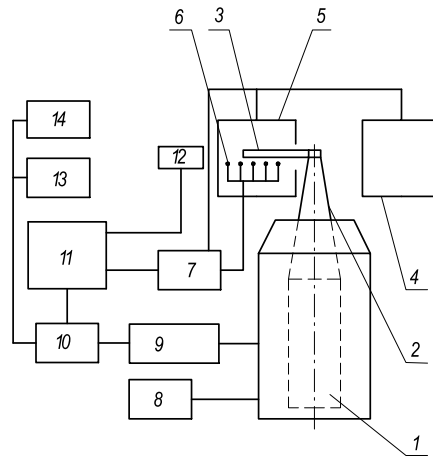
При эксплуатации в реальных условиях любого типа БПЛА основными требованиями являются надежность самой конструкции, а также ее основных узлов. Минимально необходимый состав БПЛА включает в себя набор таких элементов, как раму, двигатели, регуляторы оборотов, полетный контроллер, аккумуляторную батарею и аппаратуру управления. Известно, что сама конструкция рамы БПЛА при эксплуатации испытывает переменные (циклические) нагрузки, связанные с режимами работы беспилотника, в связи с чем актуальной задачей является определение усталостных характеристик материалов, для обеспечения необходимого срока службы.

Проведение усталостных испытаний ограничивается отсутствием установок, позволяющих проводить нагружение моделей различными типами колебаний в широком диапазоне частот.

Для проведения исследований использованы испытательные стенды, разработанные ранее в БГТУ и подвергнутые частичной модернизации [2-4]. Наиболее распространенными высокочастотными стендами, работающими в диапазоне частот 3-50 кГц, являются испытательные установки с магнитострикционными преобразователями. Они используются для возбуждения как продольных колебаний растяжения-сжатия, так и симметричных и асимметричных циклов знакопеременного изгиба и кручения. Магнитострикционные машины с более низкой частотой не создаются из-за больших габаритов. Для таких частот нагружения существуют установки с другим принципом действия, например, электродинамические. Применение же более высоких частот нецелесообразно из-за значительного саморазогрева образцов, существенно искажающего результаты испытаний [5, 6].

Для проведения испытаний на высоких (3; 9; 18 и 44 кГц) частотах использовались магнитострикционные стенды, работающие в автоколебательном режиме, принципиальная схема которых приведена на рисунке 1. Активными элементами этих установок, преобразующими электрические колебания в механические, служили магнитострикционные преобразователи. Механические колебания пакета возникают под воздействием переменного магнитного поля, возбуждаемого высокочастотными генераторами.

Эффективная работа преобразователей обеспечивается оптимальным уровнем подмагничивания постоянным магнитным полем. Для стендов, работающих на резонансной частоте 18 кГц использовались стандартные магнитострикционные преобразователи пакетного типа ПМС-15А-18, собранные из тонких пермендюрных пластин. Для стендов, работающих на частотах 3 и 9 кГц были использованы специальные пакеты с вышеуказанными резонансными частотами и оригинальными активными элементами, набранными из никелевых (НП2) пластин.



1 – магнестриктор; 2 – концентратор; 3 – образец; 4 – камера для низких температур; 5 – камера для высоких температур; 6 – блок датчиков температуры; 7 – блок контроля и регулировки температуры; 8 – блок подмагничивания; 9 – усилитель; 10 – управляемый генератор; 11 – блок управления; 12 – бесконтактный датчик-виброметр; 13 – осциллограф; 14 – частотомер

Рис. 1. Схема принципиальная комплекса осуществляющего нагружение в широком диапазоне частот и температур

Общий вид стенда с частотой колебаний 18 кГц приведен на рис. 2.

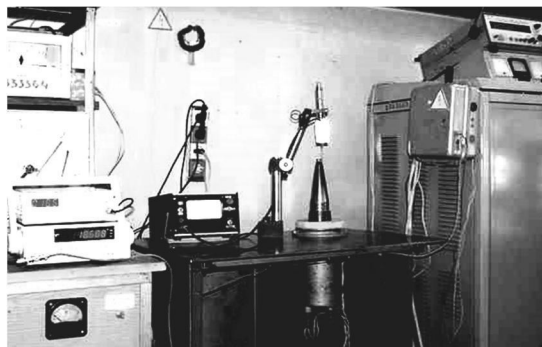


Рис. 2. Общий вид испытательного стенда на 18,0 кГц

Одной из проблем, влияющей на корректность результатов усталостных испытаний, является стабилизация амплитуды колебаний в процессе нагружения. Особенно остро этот вопрос стоит при использовании резонансного режима, так как изменение амплитуды колебаний может быть вызвано как изменением акустической мощности, подводимой к образцу, так и несовпадением частоты механического резонанса колебательной системы, обладающей острой характеристикой, с частотой тока генератора применяемого в схеме с независимым возбуждением. В связи с этим использовались установки с автоколебательным режимом работы, позволяющие по изменению резонансной

частоты изучать кинетику поврежденности образца. Проведенные сравнительные усталостные испытания различных материалов в условиях знакопеременного изгиба в диапазоне частот 0,3-18 кГц показали целесообразность использования высоких частот нагружения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалев М.А., Овакимян Д.Н. Беспилотные летательные аппараты вертикального взлета. Сборка, настройка и программирование. Самарский национальный исследовательский Университет имени академика С.П. Королева. Россия, г. Самара, 2023 г. С. 92.

2. Блохин А.В., Царук Ф.Ф., Гайдук Н.А. Комплекс оборудования для усталостных испытаний элементов технологического оборудования //Труды БГТУ, серия П. – Мн.,2002. Вып.Х. – С.213-215.

3. Блохин А.В. Развитие комплекса оборудования для усталостных испытаний конструкционных материалов //Труды БГТУ, серия П. – Мн.,2004. Вып.ХІІ.– С.263-267.

4. Капсаров А.Г., Бельский С.Е., Чигринова Н.М. Особенности расчета элементов испытательного оборудования для получения сложного напряженного состояния в широком диапазоне частот//Современные методы проектирования машин: Труды II Межд. конференции. – Мн., 2004. – Т.4. – С.242-245.

5. Коновалов Е.Г., Дроздов В.М., Тявловский М.Д. Динамическая прочность металлов. – Минск: наука и техника, 1969. – 299 с.

6. Усталостные испытания на высоких частотах нагружения/ Под ред. Кузьменко В.А. – Киев: Наукова думка, 1979. – С. 335.

УДК 004.925, 620.179

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА СТРУКТУРЫ СИЛОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ БЛА

К.А. ПОПЛАВСКАЯ, А.Н.ТИПКО

Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный
центр многофункциональных беспилотных комплексов»
Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

Для анализа состояния материалов силовых элементов конструкции беспилотного летательного аппарата (БЛА), их неразрушающей дефектоскопии были применены возможности современных методов рентгеновской компьютерной томографии (КТ) и 3D-моделирования.