

УДК 629.7.018

## **МОДИФИКАЦИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО СТЕНДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЛЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА СХЕМЫ «ВИНТ В КОЛЬЦЕ»**

*Н.А. Фисивский, А.С. Пантилеев*

На этапе предэскизного проектирования, а также в ходе отработки макетного образца беспилотного летательного аппарата схемы «винт в кольце» требуется экспериментальное определение его характеристик. Это действительное положение центра тяжести, полный тензор моментов инерции для квазистатического режима эксплуатации стенда, и координаты вектора тяги, зависимость величины тяги от оборотов двигателя. Разработанный стенд также позволяет проводить юстировку беспилотного летательного аппарата для обеспечения центровки (совмещения линии действия вектора тяги с центром тяжести аппарата).

Ключевые слова: стенд, определение интегральных аэродинамических характеристик, БПЛА, «винт в кольце».

Ранее авторами были проведены работы по созданию специализированного стенда для изучения характеристик БПЛА схемы «винт в кольце». Материалы изложены в статье «Специализированный стенд для изучения летных характеристик беспилотного летательного аппарата схемы «винт в кольце»», которые частично приведем и здесь. Необходимость создания стенда обусловлена потребностью определить массо-геометрические характеристики аппарата и координаты вектора тяги винтомоторной установки. Это необходимо для автоматического управления БПЛА, трудности, связанные с этим, изложены в работе [1].

Схема стенда представлена на рисунке 1. Всего в стенде реализовано шесть степеней свободы. На неподвижном основании, имеющем форму шестиугольника, закреплены 4 тензодатчика обеспечивающие вертикальное перемещения краев базового четырехугольника. Эти датчики позволят определить вес аппарата и координаты проекции центра тяжести всей системы и аппарата в частности. На базовом четырехугольнике реализован вертикальный шарнир. С его помощью можно менять азимутальное положение аппарата, а также на этой степени свободы можно определить нескомпенсированный реактивный момент, возникающий в ходе работы воздушного винта. На валу вертикального шарнира организован узел, обеспечивающий поступательную степень свободы, ориентированную горизонтально. На этой степени свободы будет регистрироваться боковая составляющая тяги возникающей на воздушном винте. Боковая составляющая обусловлена отсутствием ортогональности между линией действия тяги и плоскостью, в которой установлены тензодатчики базового четырехугольника.

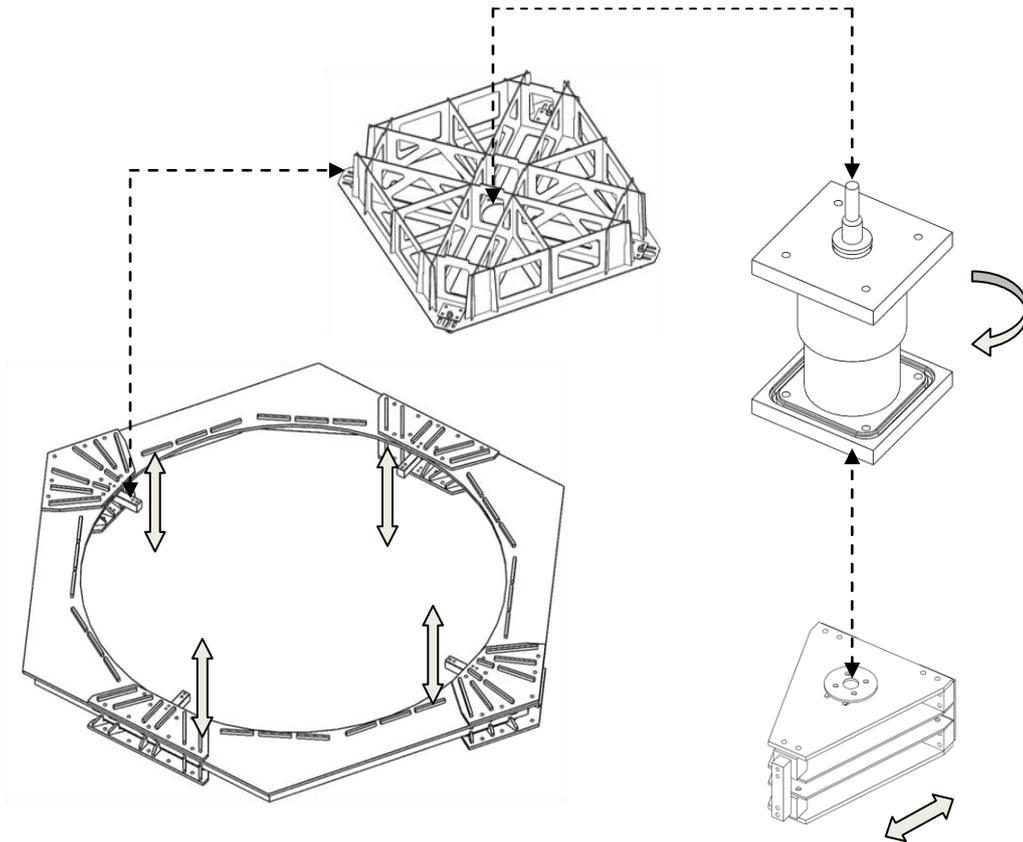


Рис. 1. Тензометрические датчики стенда

Таким образом, имея возможность регистрировать одновременно показания шести тензодатчиков, а также частоту вращения воздушного винта, фактическое напряжение и силу тока будет возможность определить действительное положение центра тяжести, полный тензор моментов инерции, координаты вектора тяги, зависимость величины тяги от количества оборотов двигателя.

Для облегчения конструкции было принято решение сделать стенд из конструкционного текстолита.

В ходе сборки стенда были выявлены следующие недостатки конструкции: базовый четырехгранник не имеет по углам достаточной жесткости пластин, шестиугольная алюминиевая рама имеет отличную от идеальной геометрию, базовая шестиугольная пластина имела крайне недостаточную прочность и жесткость и сломалась во время монтажа, так как конструкционный текстолит не соответствовал заявленным требованиям, вследствие чего возникла трещина в теле детали, реальная толщина текстолитового листа отличалась от номинальной (до 4,5 мм при номинальной толщине 4,0 мм), однако достаточно для невозможности корректной сборки. Сборка узла поступательного перемещения и базового четырехгранника прошла в соответствии с замыслом.

Для устранения выявленных недостатков были приняты следующие решения:

- 1) выполнить все узлы основной пластины (шестиугольная базовая пластина, пластины углов и периметра, соединительные планки, ребра жесткости периметра) из стали (нержавеющей или конструкционной с последующей покраской и/или иной антикоррозийной обработкой);
- 2) увеличить ширину соединительных пазов с 4,0 мм до 4,1 мм, чтобы, с учетом особенностей процесса лазерной резки металла, итоговая ширина пазов составила 4,3 мм;
- 3) увеличить ширину крепежных пазов на соединительных планках угла и периметра на 2 мм;
- 4) разработать капролоновые проставки между базовой и средней пластинами базового четырехгранника для увеличения жесткости его углов.

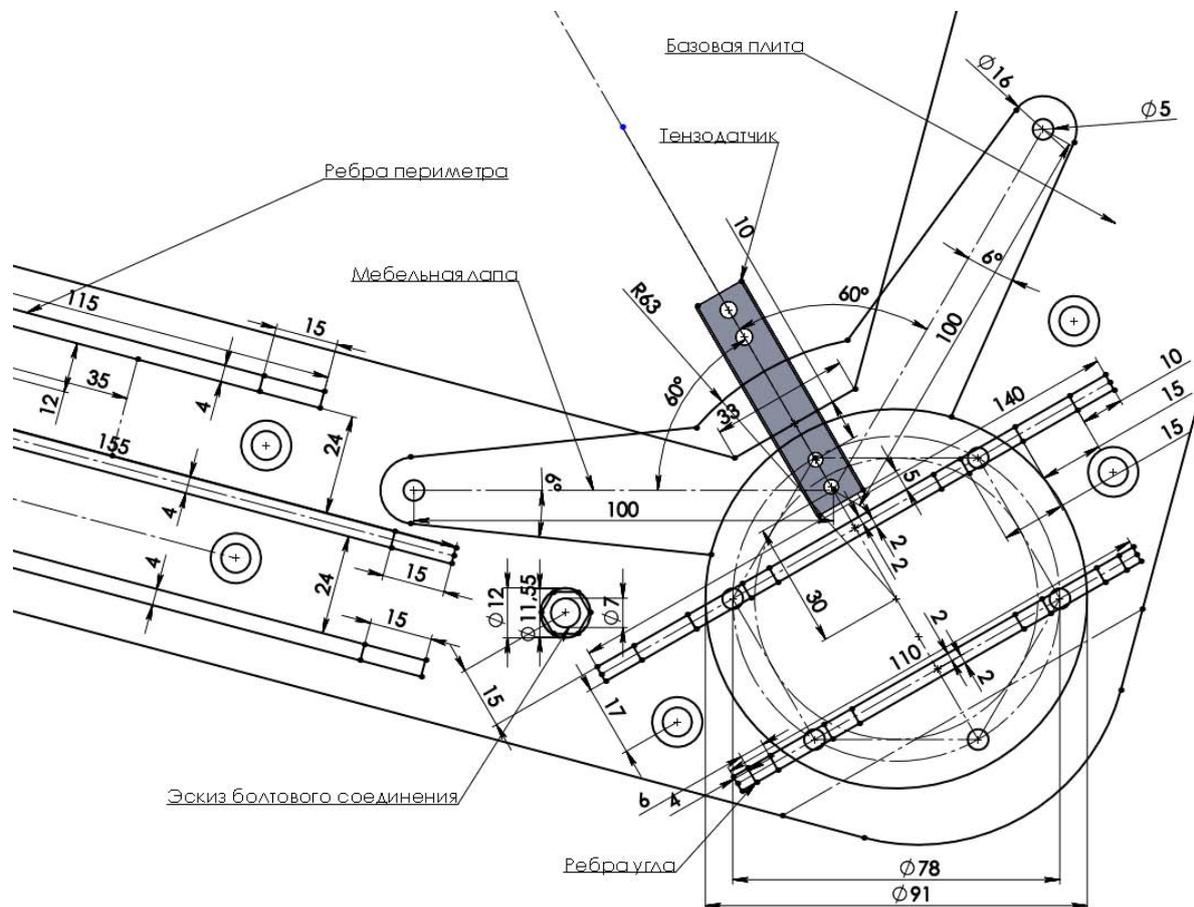


Рис. 2. Компонировочный эскиз четверти конструкции

Однако выполнение этих мероприятий не было начато по причине несовершенства геометрии рамы. Вследствие чего было принято решение от ее использования отказаться, заменив ее стальной коробчатой четырехугольной конструкцией, в углах которой разместить тензометрические датчики. Конструкцию установить на мебельные опоры, которые крепятся

к нижней пластине. Верхняя и нижняя пластины разнесены ребрами-планками на высоту 70 мм и стянуты болтами М6. Ребра периметра обеспечивают общую крутильную и изгибную жесткость. Ребра угла обеспечивают общую жесткость конструкции, а также местную жесткость в месте крепления тензометрических датчиков.

Для построения 3D-модели модификации станда был разработан компоновочный эскиз одной четверти конструкции (рис. 2).

Затем с этого эскиза с помощью функции проецирования элементов были сняты на соответствующие плоскости эскизы плит, ребер, лапы и отверстий под болты. Затем из этих эскизов были созданы отдельные твердые тела. Общий вид конструкции показан на рисунке 3.

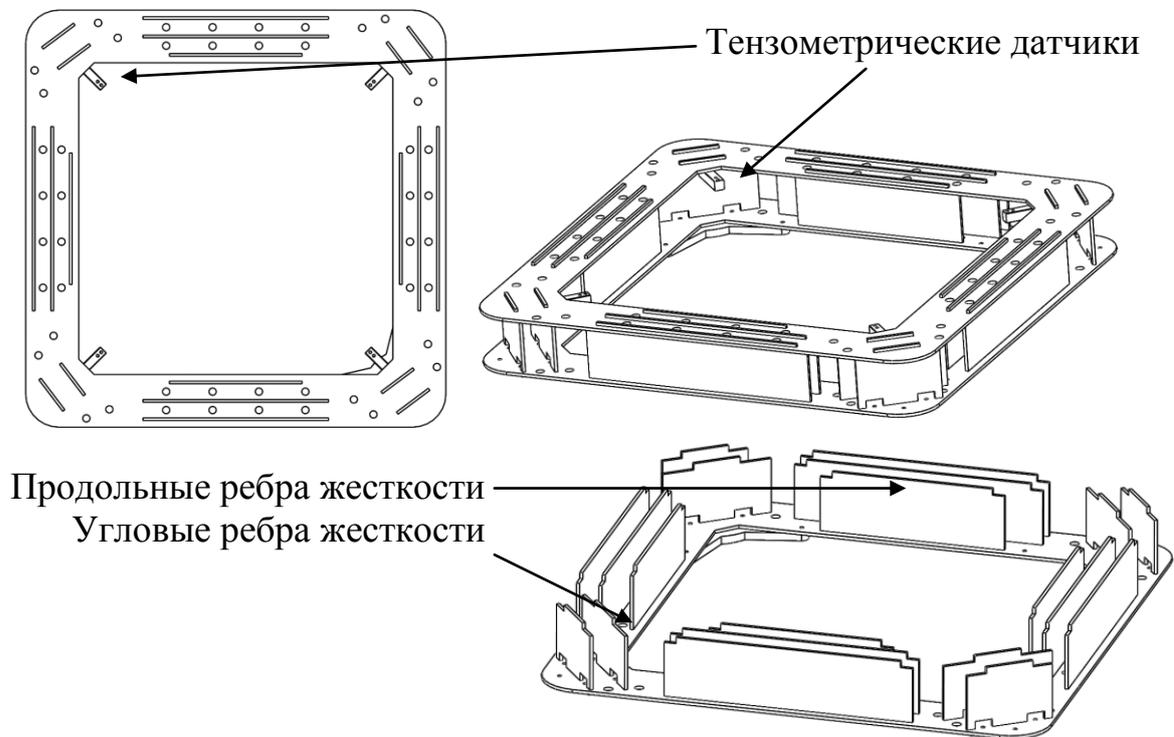


Рис. 3. Конструкция новой модели станда. Базовый четырехгранник, вертикальный и поступательный шарниры скрыты

На рисунке 4 изображена мебельная лапа для крепления мебельной опоры. Эту деталь необходимо прорисовать особо тщательно с точным соблюдением реальной геометрии, так как она задает сразу два ограничения: на удаление так называемого «шипа» угловых ребер жесткости от осевой линии лапы, а также на расположение в нижней плите крепежных отверстий для крепления собственно лапы.

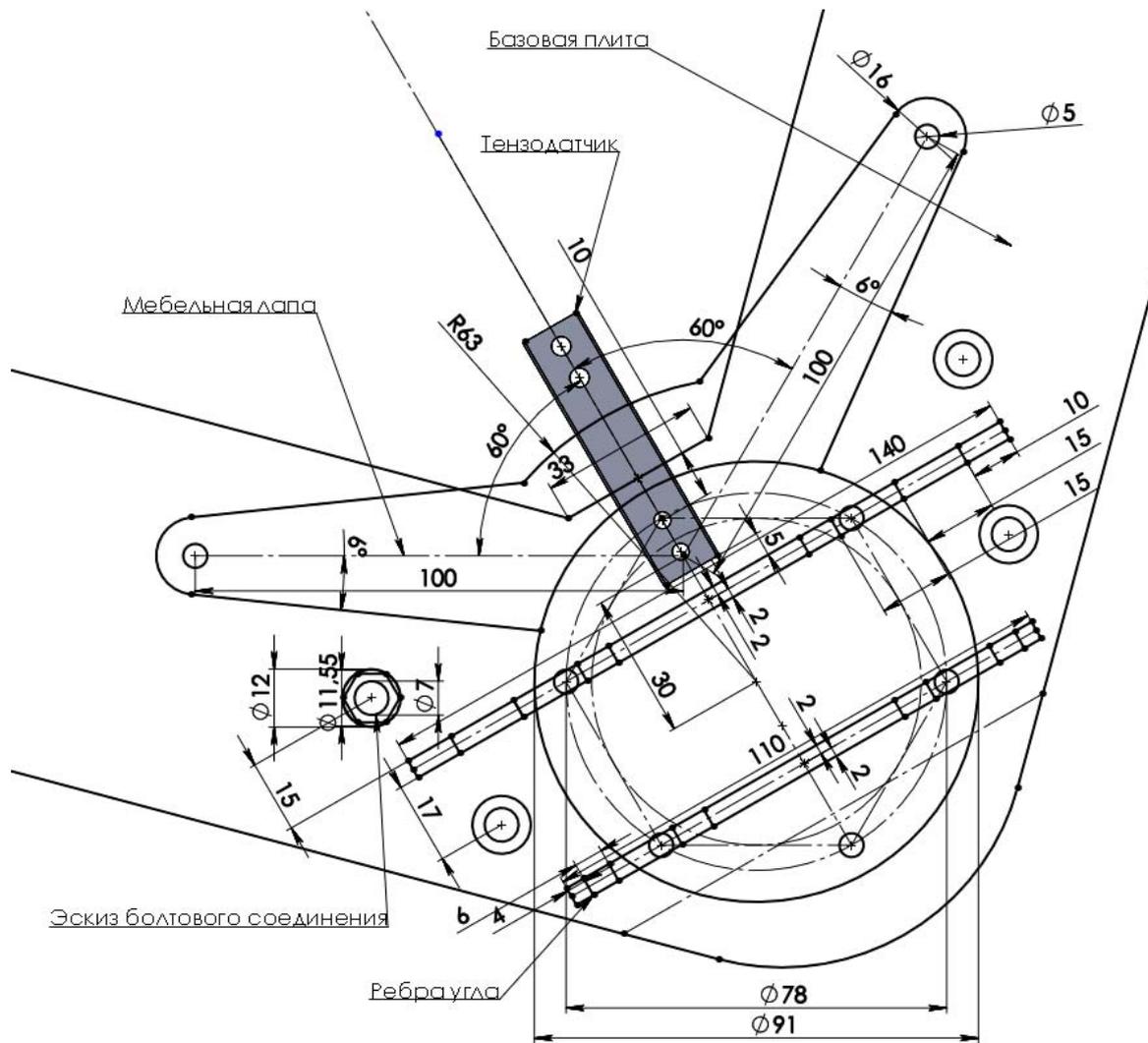


Рис. 4. Мебельная лапа

Таким образом, в результате проведенной модернизации стенда, выявленные недостатки удалось полностью устранить.

#### Библиографический список

1. Osgar John Ohanian III. Ducted Fan Aerodynamics and Modeling, with Applications of Steady and Synthetic Jet Flow Control. – Blacksburg, VA, 2011 г.

[К содержанию](#)