

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ УСТАНОВЛЕННОГО В ФЮЗЕЛЯЖЕ ОСВОБОЖДЕННОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ПЛАНЕРА

Петров Ю.В., Угренинов В.Г., Семакова М.В.

*Московский государственный технический университет гражданской авиации,
Москва*

Ключевые слова: модель летательного аппарата, освобожденный двигатель, упругие элементы, демпфер, тон собственных колебаний, вынужденные колебания, амплитудно-частотные характеристики.

Аннотация. В настоящее время широко применяются беспилотные летательные аппараты различных аэродинамических компоновок и типов силовых установок. Одной из возможных является схема с рамным хвостовым оперением и удлиненной носовой частью фюзеляжа. Электродвигатель размещен в хвостовой части фюзеляжа, а в носовой установлено специальное оборудование. Известно, что при такой компоновке в условиях воздействия окружающей среды (атмосферная турбулентность) возникают интенсивные вынужденные колебания носовой части фюзеляжа, что существенно снижает качество функционирования специального оборудования. Поэтому представляется целесообразным рассмотреть возможность применения освобожденного двигателя для гашения колебаний элементов конструкции планера. Экспериментально на модели летательного аппарата подтверждена принципиальная возможность использования такого метода и оценена его эффективность.

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE EFFECT OF A RELEASED ENGINE INSTALLED IN THE FUSELAGE ON FORCED VIBRATIONS OF AIRFRAME STRUCTURAL ELEMENTS

Petrov Y.V., Ugreninov V.G., Semakova M.V.

Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow

Keywords: aircraft model, released engine, elastic elements, damper, natural vibration tone, forced vibrations, amplitude-frequency characteristics.

Abstract. Currently, unmanned aerial vehicles of various aerodynamic layouts and types of power plants are widely used. One of the possible schemes is with a framed tail and an elongated nose section of the fuselage. The electric motor is located in the rear of the fuselage, and special equipment is installed in the nose. It is known that with such an arrangement, intense forced vibrations of the nose of the fuselage occur under environmental conditions (atmospheric turbulence), which significantly reduces the quality of operation of special equipment. Therefore, it seems advisable to consider the possibility of using a released engine to dampen the vibrations of airframe structural elements. Experimentally, the fundamental possibility of using such a method has been confirmed on the aircraft model and its effectiveness has been evaluated.

В настоящее время широко применяются беспилотные летательные аппараты различных аэродинамических компоновок и типов силовых установок. Одной из возможных является схема с рамным хвостовым оперением и удлиненной носовой частью фюзеляжа. Силовая установка размещена в хвостовой части фюзеляжа, а в носовой может быть установлено специальное оборудование. Известно, что при такой компоновке в условиях воздействия

окружающей среды (атмосферная турбулентность) возникают интенсивные вынужденные колебания носовой части фюзеляжа, что существенно снижает качество функционирования специального оборудования.

В работе рассматривается возможность применения метода освобожденного двигателя [1, 2] для гашения колебаний элементов конструкции планера. Приводятся результаты экспериментальных исследований вынужденных колебаний модели летательного аппарата (ЛА), представленной на рисунке 1. Носовая часть фюзеляжа, консоли крыла, оперение выполнены из дюралюминиевых пластин толщиной 5 мм. Масса модели 1,6 кг. Двигатель моделируется гироскопическим узлом массой 0,12 кг и обладает кинетическим моментом $0,05 \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}$.

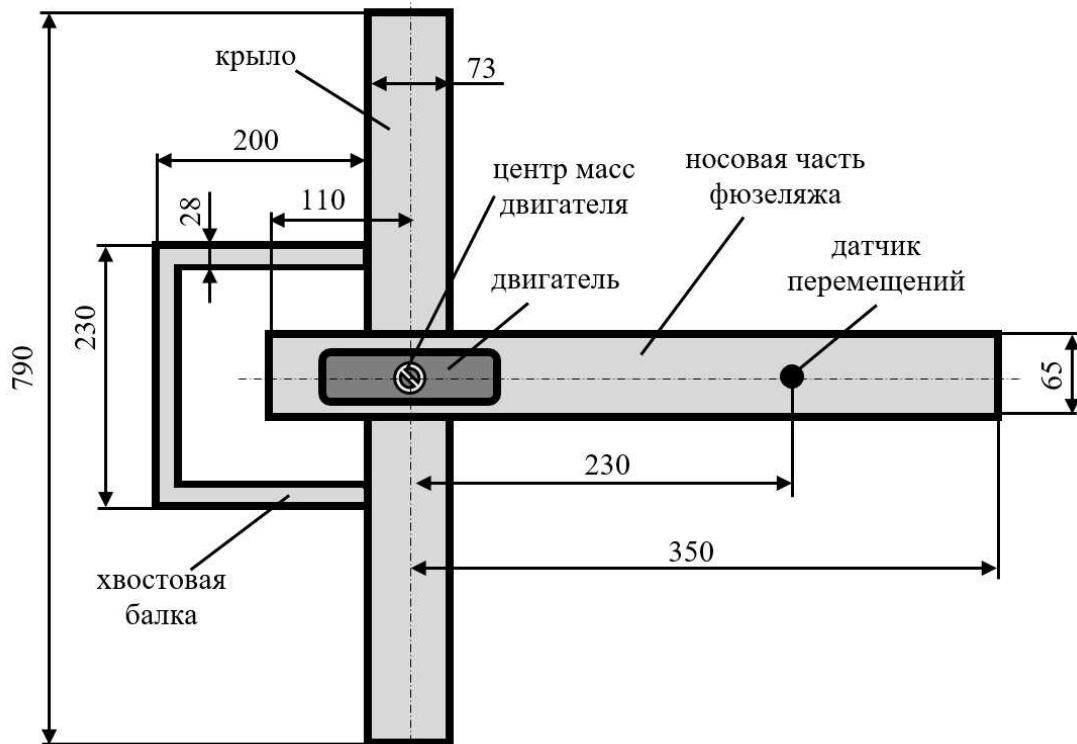


Рис. 1. Модель летательного аппарата

Принципиальная схема экспериментальной установки изображена на рисунке 2. Модель ЛА подвешивается на упругих элементах к абсолютно жесткому основанию. Установка оснащена электродинамической системой возбуждения колебаний, а также системой регистрации и обработки информации, поступающей от датчика перемещений, установленного на носовой части фюзеляжа. Основные низшие тона колебаний модели ЛА на упругой подвеске и их характеристики приведены в таблице 1.

Табл. 1. Основные низшие тона колебаний модели ЛА

Тон колебаний	Частота, Гц
тангажные (короткопериодические) колебания модели	4,3
изгибные колебания хвостовой балки I тона	7,8
изгибные колебания носовой части фюзеляжа I тона	8,0
симметричные изгибные колебания консолей крыла I тона	8,2
крутильные колебания консолей крыла I тона	13
изгибные колебания носовой части фюзеляжа II тона	17

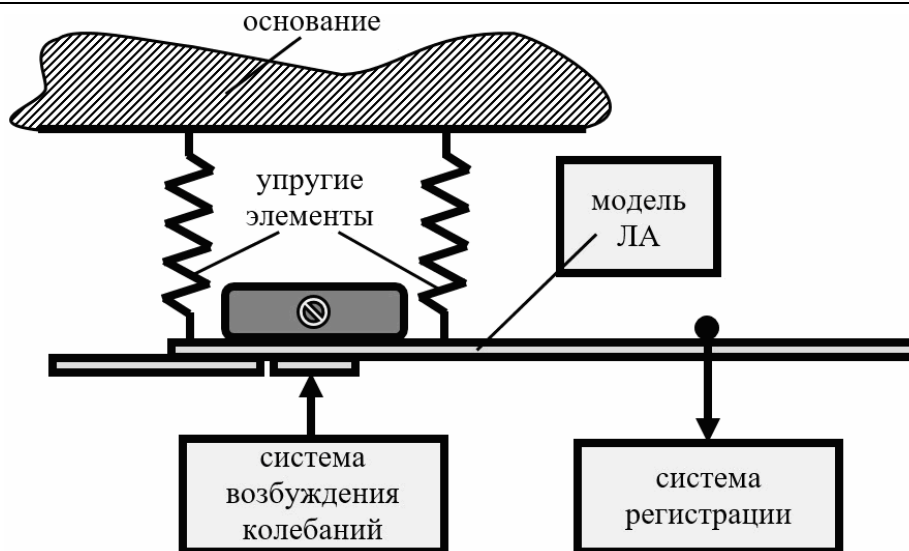


Рис. 2. Схема экспериментальной установки

В соответствии с методом освобожденного двигателя гироскопический узел устанавливается на модели ЛА с возможностью поворота относительно вертикальной оси на двух полуосях (рис. 3). При этом для частотной настройки гасителя колебаний используются упругие элементы, энергия колебаний частично рассеивается в демпфере. В данном случае освобожденный двигатель выполняет функцию гироскопического стабилизатора [3, 4].

Методика проведения эксперимента заключалась в следующем. Посредством электродинамического вибратора возбуждались колебания модели крыла на упругом подвесе в диапазоне частот 4...20 Гц и регистрировались амплитуды колебаний носовой части фюзеляжа в точке установки датчика перемещений при двух состояниях модели двигателя: двигатель зафиксирован относительно вертикальной оси и двигатель освобожден, т.е. имеет возможность поворачиваться относительно вертикальной оси на двух полуосях.

Полученные нормированные амплитудно – частотные характеристики для носовой части фюзеляжа приведены на рисунке 4. Нормировка осуществлялась по максимальному значению амплитуды колебаний в точке установки датчика перемещений в рассматриваемом частотном диапазоне.

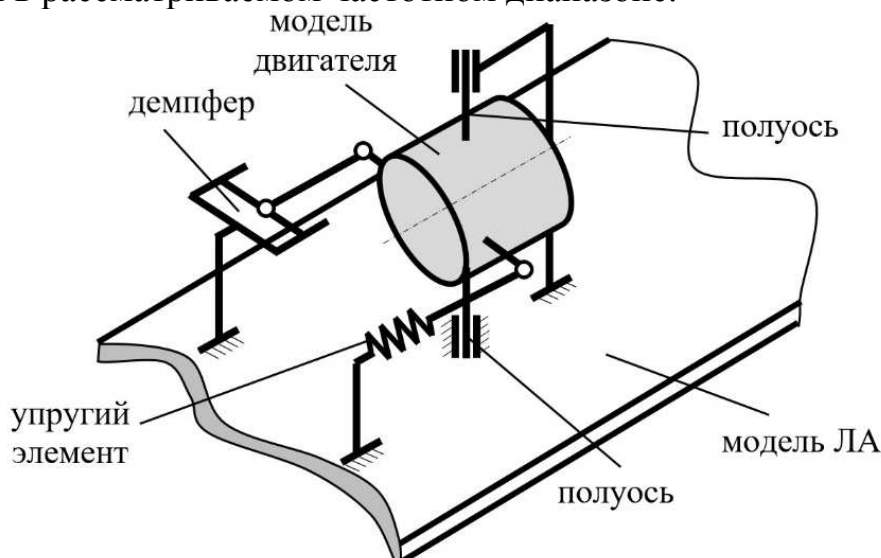


Рис. 3. Элементы конструкции гироскопического узла

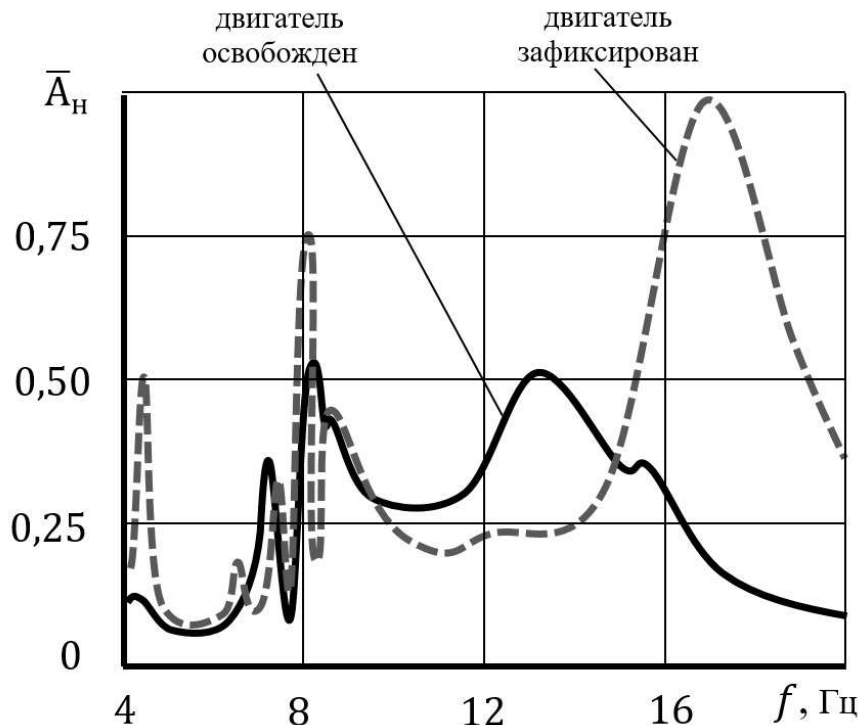


Рис.4. Нормированные амплитудно-частотные характеристики для носовой части фюзеляжа модели ЛА

Анализ полученных результатов показывает, что использование освобожденного двигателя, как гироскопического гасителя колебаний, позволяет существенно снизить амплитуды колебаний носовой части модели ЛА. Так, амплитуда тангажных колебаний уменьшилась более, чем в 3 раза, амплитуда изгибных колебаний носовой балки I тона на 30%, а изгибных колебаний носовой балки II тона почти в 2 раза.

Список литературы

1. Овчинников В.В., Петров Ю.В. Исследование влияния упругодиссипативных параметров подвески двигателя на пилоне под крылом на аэроупругие и прочностные характеристики самолета // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. – 2021. – №1. – С. 119-128.
2. Виноградов Р.И., Гайнутдинов О.И., Петров Ю.В. Управление упругими колебаниями авиационных конструкций при помощи силовых гироскопов. // Издательство АН СССР. Механика твердого тела. – 1986. – №4. – С. 41-43.
3. Ишлинский А.Ю. Механика гироскопических систем. – М.: Издательство АН СССР, 1963. – 482 с.
4. Сорокин А.В., Яременко В.В. История создания силовых гироскопов для систем управления ориентацией космических аппаратов // Гироскопия и навигация. – 2022. – Т. 30, №1(116). – С. 84-92.

Сведения об авторах:

Петров Юрий Владимирович – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой технической механики и инженерной графики;

Угренинов Владимир Германович – к.т.н., доцент кафедры технической механики и инженерной графики;

Семакова Марина Владимировна – старший преподаватель кафедры технической механики и инженерной графики.