

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ ЗАПОЛНЕНИЯ ТОПЛИВНОГО ОТСЕКА И ХАРАКТЕРА ОПОРНЫХ СВЯЗЕЙ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОНКОСТЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

к.т.н. В.А. Табуненко, к.т.н. А.В. Приймак, к.т.н. В.В. Логинов
(представил д.т.н., проф. А.И. Рыженко)

В статье рассмотрены результаты экспериментальных исследований, получены уравнения регрессии и проанализирован характер комплексного влияния жидкости, находящейся внутри топливных отсеков, местоположения передней и жесткости задней опорных связей на динамические характеристики корпуса модели летательного аппарата.

В [1] показан сложный характер реакции механической системы типа летательный аппарат – жидкость, обусловленный воздействием ряда факторов и обоснована необходимость дальнейшего изучения влияния местоположения и жесткости опорных связей. Изучение форм и частот резонансных колебаний упругих тонкостенных конструкций, содержащих жидкость, оценка влияния на неё факторов при различных режимах эксплуатации можно рассматривать как основу при проектировании рациональных конструкций летательных аппаратов (ЛА). В [2] рассмотрен подход, позволивший разработать экспериментальную установку [3], для исследования влияния жидкости, её свойств, местоположения и жесткости опорных связей, на динамические характеристики корпуса модели ЛА.

Для исследования динамических характеристик модели ЛА с отсеками, содержащими жидкость, в качестве выходных откликов выбирались частота и амплитуда резонансных колебаний корпуса модели. В качестве факторов, влияющих на отклики, были выбраны: X_1 - количество жидкости в переднем отсеке, которое варьировалось от 0 до 95 % его объема, X_2 - количество жидкости в заднем отсеке, варьируемое от 0 до 95 % его объема, X_3 - местоположение передней опорной связи, X_4 - жесткость задней опорной связи.

Все факторы являлись управляемыми. Значения факторов изменялись и устанавливались на необходимые уровни по заранее намеченному плану проведения эксперимента. Уровни варьирования значений факторов приведены в табл. 1. Экспериментальные исследования проводились на вибровозбудителе механического типа при фиксированном местоположении задней опорной связи на отметке 0,14 метра и жесткости передней опорной связи, равной 7100 н/м.

Уровни варьирования значений факторов

ФАКТОРЫ	Уровни варьирования			Интервал варьирования
	1	0	+1	
Кол-во жидкости в 1 отсеке, кг	0	0,29	0,58	0,58
Кол-во жидкости во 2 отсеке, кг	0	0,5	1,0	1,0
Местоположение передней опоры, м	0,56	0,62	0,68	0,12
Жесткость задней опоры, н/м	2500	4800	7100	4600

Расчет эффектов отдельных факторов и их взаимодействий, проверка значимости коэффициентов регрессии, оценка адекватности полученного уравнения регрессии произведены согласно известным положениям [4-6]. Получены расчетные значения:

- критерий Кохрена (при $q = 0,05$): $G_{p1} = 0,64$; $G_{p2} = 0,17$;
- коэффициенты Стьюдента (уравнения регрессии):
 - для f^P : $b_1 = 11,48$; $b_2 = 16,8$; $b_3 = 36,5$; $b_4 = 2,28$;
 - для A^P : $b_1 = 71,49$; $b_2 = 26,31$; $b_3 = 42,3$; $b_4 = 2,64$.
- критерий Фишера (при $q = 0,05$): $F_{p1} = 0,01$; $F_{p2} = 0,05$.

На основании результатов опытов были получены коэффициенты уравнений регрессии для выходных откликов и составлены:

– уравнение регрессии для определения частоты резонансных колебаний корпуса модели ЛА (Гц)

$$f^P = 11,39 - 0,15x_1 - 0,22x_2 + 0,47x_3 + 0,03x_4 - 0,02x_1x_2 + 0,09x_1x_3 - 0,15x_2x_3 - 0,19x_2x_4 - 0,25x_3x_4 - 0,01x_1x_2x_3 - 0,1x_2x_3x_4 + 0,22x_1x_2x_4 - 0,29x_1x_3x_4 - 0,22x_1x_2x_3x_4;$$

– уравнение регрессии для определения амплитуды перемещения консольной части корпуса модели ЛА на резонансном режиме ($A^P \cdot 10^{-3}$ м)

$$A^P = 7,29 + 0,6x_1 - 0,22x_2 - 0,36x_3 - 0,02x_4 + 0,8x_1x_2 - 0,98x_1x_3 - 0,7x_2x_3 - 0,37x_2x_4 + 0,6x_3x_4 + 0,64x_1x_2x_3 + 0,72x_2x_3x_4 - 0,67x_1x_2x_4 + 0,88x_1x_3x_4 + 0,38x_1x_2x_3x_4.$$

Результаты проведенных экспериментальных исследований и анализ полученных на их основе уравнений регрессии позволяют сделать следующие выводы.

1. На величину резонансной частоты колебаний корпуса модели ЛА наиболее существенное влияние оказывают местоположение передней опорной связи и наличие жидкости в переднем отсеке. При этом перемещение передней опорной связи вдоль продольной оси корпуса модели ЛА в направлении консольной части приводит к возрастанию f^P . Заполнение второго отсека приводит к возрастанию, а первого - к уменьшению f^P .

Влияние жидкости, находящейся в топливном отсеке, и изменение жесткости задней опорной связи можно отнести к менее значащим факто-

рам.

2. На величину резонансной амплитуды колебаний корпуса модели ЛА наиболее существенное влияние оказывают наличие жидкости в переднем отсеке и местоположение передней опорной связи. Причем, по мере перемещения передней опорной связи вдоль продольной оси корпуса модели ЛА в направлении консольной части происходит уменьшение величины A^P . Заполнение второго отсека жидкостью приводит к уменьшению величины A^P , а заполнение переднего отсека жидкостью приводит к возрастанию A^P .

Таким образом, зависимость резонансной частоты и амплитуды колебаний корпуса модели ЛА от местоположения передней опорной связи и наличия жидкости имеет более сложный характер, чем влияние на эти же параметры жесткости задней опорной связи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Табуненко В.А., Тарасцев А.Г., Тихомиров А.Е. Исследование влияния различных уровней заполнения топливного отсека при изменяющейся жесткости опорных связей на динамические характеристики тонкостенной конструкции летательного аппарата // Системи обробки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2002. – Вип.2(18). – С. 239 - 241.
2. Табуненко В.А. Разработка экспериментальной установки для исследования динамических характеристик механических конструкций с отсеками, содержащими жидкость // Збірник наукових праць ХВУ. – Х.: ХВУ. – 2001. – Вип. 4(34). – С. 176 - 179.
3. Патент № 33464А Украина, МКИ 6 G 09B 23\06. Стенд для дослідження гнучких коливань довгомірних вантажів при їх транспортуванні. Заявка на винахід / Табуненко В.А., Иванченко О.В., Бушманов Д.В., № 99021069; Заявл. 09.04.95; Опубл. 15.02.2001.
4. Евдокимов Ю.А., Колесников В.И., Тетерин А.И. Планирование и анализ экспериментов при решении задач трения и износа. – М.: Наука, 1980. – 228 с.
5. Винарский М.С., Лурье М.В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях. – К.: Техника, 1975. – 168 с.
6. Бондарь А.Г., Статюха Г.А. Планирование эксперимента в химической технологии. – К.: Вища школа, 1976. – 182 с.

Поступила 15.04.2002

ТАБУНЕНКО Владимир Александрович, канд. техн. наук, нач. НИЛ ХИ ВВС. В 1978 году окончил Харьковский институт радиоэлектроники. Область научных интересов – разработка, создание и эксплуатация летательных аппаратов.

ПРИЙМАК Андрей Владимирович, канд. техн. наук, нач. НИЛ ХИ ВВС. В 2000 г. окончил Киевский институт ВВС. Область научных интересов – влияние продолжительности эксплуатации на показатели эффективности использования ЛА.

ЛОГИНОВ Василий Васильевич, канд. техн. наук, старший научный сотрудник НИЛ ХИ ВВС. В 1995 году окончил Харьковский институт ВВС по программе ХВВАИУ. Область научных интересов – теория и конструкция авиационных силовых установок.
