

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЕЙ ЗАПОЛНЕНИЯ ТОПЛИВНОГО ОТСЕКА ПРИ ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ЖЕСТКОСТИ ОПОРНЫХ СВЯЗЕЙ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОНКОСТЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

к.т.н. В.А. Табуненко, к.т.н. А.Г. Тарасцев, к.т.н. А.Е. Тихомиров
(представил д.т.н., проф. О.И. Рыженко)

В статье рассмотрены результаты экспериментальных исследований, получены уравнения регрессии и проанализирован характер комплексного влияния жидкости, находящейся внутри отсека, жесткости опорных связей между несущей конструкцией и вибровозбудителем механической конструкции с отсеками, содержащими жидкость.

С целью создания физической модели были разработаны критерии подобия [1] и построена экспериментальная установка [2] для исследования влияния жидкости, ее свойств и жесткости опорных связей, на динамические характеристики конструкции летательных аппаратов (ЛА). С помощью экспериментальной установки были проведены исследования по изучению комплексного воздействия жидкости, находящейся внутри топливного отсека и жесткости опорных связей между несущей конструкцией и вибровозбудителем на динамические характеристики механической модели.

При исследовании динамических характеристик механической конструкции 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 80 до 95 % его объема; X_2 - количество жидкости в заднем отсеке, которое варьировалось от 80 до 95 % его объема; X_3 - жесткость передней опорной связи несущей конструкции (НК); X_4 - жесткость задней опорной связи НК.

Все факторы являлись управляемыми. Значения факторов изменялись и устанавливались на необходимые уровни по заранее намеченному плану. Результаты сведены в табл. 1. Экспериментальные исследования проводились на вибровозбудителе при фиксированном местоположении передней опорной связи на отметке 0,56 м, а задней - 0,14 м.

Расчет эффектов отдельных факторов и их взаимодействий, проверка значимости коэффициентов регрессии, оценка адекватности полученного уравнения регрессии произведены согласно известным положениям, изложенным в [3].

Таблица 1

Кодирование факторов

ФАКТОРЫ	Уровни факторов			Интервал варьирования
	-1	0	+1	
Кол-во жидкости в 1 отсеке, кг	0,458	0,519	0,580	0,122
Кол-во жидкости во 2 отсеке, кг	0,790	0,895	1,000	0,210
Жесткость передн. опоры, н / м	2500	4800	7100	4600
Жесткость задней опоры, н / м	2500	4800	7100	4600

Получены расчетные значения:

критерий Кохрена (при $q = 0,05$) $G_{p1} = 0,39$; $G_{p2} = 0,17$;

коэффициенты Стьюдента (уравнения регрессии):

– для f^P $b_1 = 8,87$; $b_2 = 143,13$; $b_3 = 39,22$; $b_4 = 2,45$;

– для A^P $b_1 = 352,18$; $b_2 = 643,67$; $b_3 = 14,15$; $b_4 = 0,89$;

критерий Фишера (при $q = 0,05$) $F_{p1} = 0,53$; $F_{p2} = 0,002$.

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

- уравнение регрессии для определения частоты резонансных колебаний корпуса механической конструкции (Гц):

$$f^P = 12,03 - 0,06 x_1 - 1,04 x_2 + 0,29 x_3 + 0,02 x_4 + 0,04 x_1 x_2 - 0,36 x_1 x_3 + 0,23 x_2 x_3 + 0,8 x_2 x_4 + 0,48 x_3 x_4 - 0,1 x_1 x_2 x_3 - 0,35 x_2 x_3 x_4 + 0,24 x_1 x_2 x_4 - 0,35 x_1 x_3 x_4 - 0,03 x_1 x_2 x_3 x_4;$$

- уравнение регрессии для определения амплитуды перемещения корпуса механической конструкции на резонансном режиме ($A^P \cdot 10^{-3}$ м):

$$A^P = 7,52 + 0,54 x_1 + 0,99 x_2 + 0,02 x_3 + 0,001 x_4 - 0,01 x_1 x_2 - 0,43 x_1 x_3 + 0,15 x_2 x_3 + 0,09 x_2 x_4 - 0,1 x_3 x_4 + 0,35 x_1 x_2 x_3 + 0,25 x_2 x_3 x_4 - 0,36 x_1 x_2 x_4 - 0,05 x_1 x_3 x_4 + 0,01 x_1 x_2 x_3 x_4.$$

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

1. На величину резонансной частоты колебаний корпуса механической конструкции наиболее существенное влияние оказывают жидкость, находящаяся в заднем топливном отсеке и изменение жесткости на передней опорной связи НК. При этом увеличение количества жидкости в обоих отсеках приводит к уменьшению величины частоты резонансных колебаний, а увеличение жесткости передней опорной связи приводит к возрастанию величины частоты f^P . Величину жидкости в переднем от-

секе можно отнести к несколько менее существенному влиянию. Следует отметить, что самое малозначительное влияние имеет изменение жесткости на задней опорной связи.

2. На величину резонансной амплитуды перемещения корпуса модели ракеты наиболее существенное влияние оказывают наличие жидкости, находящейся в переднем отсеке. При этом увеличение количества жидкости в обоих отсеках приводит к возрастанию величины амплитуды резонансных колебаний консольной части НК. Следует отметить, что самое малозначительное влияние имеет жесткость передней опорной связи, а изменение жесткости на задней опорной связи вообще не влияет на динамику рассматриваемого процесса, так как коэффициент уравнения регрессии выявлен как не оказывающий влияния.

Таким образом, зависимость резонансной частоты и амплитуды корпуса ЛА от изменения количества жидкости в обоих топливных отсеках, а также изменение жесткости на передней опорной связи имеет сложный характер. Учитывая этот сложный характер реакции механической системы, обусловленный воздействием ряда факторов, необходимо детально изучить влияние жесткости обеих опорных связей. Проведение теоретических исследований [4] подтвердило результаты экспериментальных исследований (относительная ошибка составила 8-15 %).

ЛИТЕРАТУРА

1. Табуненко В.А. Разработка экспериментальной установки для исследования динамических характеристик механических конструкций с отсеками, содержащими жидкость // *Зб. наук. праць ХВУ*. – Х.: ХВУ. – 2001. – Вип. 4(34). – С. 176 - 179.
2. Патент № 33464А Україна, МКІ 6 G 09B 23/06. Стенд для дослідження гнучких коливальних довгомірних вантажів при їх транспортуванні. Заявка на винахід / Табуненко В.О., Іванченко О.В., Бушманов Д.В., № 99021069; заявл. 09.04.95; опубл. 15.02.2001.
3. Евдокимов Ю.А., Колесников В.И., Тетерин А.И. Планирование и анализ экспериментов при решении задач трения и износа. – М.: Наука, 1980. – 228 с.
4. Табуненко В.А. Математическая модель для исследования динамических характеристик летательных аппаратов, содержащих жидкость на этапе транспортировки // *Системи обробки інформації*. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2001. – Вип. 5(15). – С. 139 - 142.

Поступила 28.03.2002

ТАБУНЕНКО Владимир Александрович, канд. техн. наук, ст. научный сотрудник ХИ ВВС. В 1978 году окончил ХИРЭ. Область научных интересов – создание и эксплуатация летательных аппаратов.

ТАРАСЦЕВ Андрей Георгиевич, канд. техн. наук, доцент кафедры ХИ ВВС. В 1992 году окончил Харьковское ВВАИУ. Область научных интересов – создание и эксплуатация летательных аппаратов.

ТИХОМИРОВ Андрей Евгеньевич, канд. техн. наук, доцент кафедры ХИ ВВС. В 1974 году окончил Куйбышевский авиационный институт. Область научных интересов – создание и эксплуатация летательных аппаратов и их силовых установок.
