

Экспериментальные исследования

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ТРЕХСЛОЙНЫХ СОТОВЫХ ПАНЕЛЕЙ С ОТВЕРСТИЕМ И РЕМОНТНЫМИ ВСТАВКАМИ

В.С. САФРОНОВ, канд. техн. наук, доцент

Московский авиационный институт (Государственный технический университет), 105264 Москва ул. 5-ая Парковая д.40, корп.1, кв.2, тел. 89262104892, v.s.safronov@mail.ru

В статье представлена методика экспериментального исследования и результаты эксперимента по определению частот собственных изгибных колебаний плоских трехслойных панелей с вырезом и ремонтными вставками различной структуры.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: трехслойная панель, частоты изгибных колебаний, эксперимент, вырез, ремонтные вставки.

Цель испытаний: определение первых трех собственных частот изгибных колебаний неоднородных трехслойных панелей..

Образцы панелей. Прямоугольные панели имеют трехслойную сотовую конструкцию. Толщина несущих слоев 0,3 мм. Общая толщина 4 мм, толщина фольги сотового заполнителя 0,03 мм. Размер в плане 303 × 494 мм. Виды панелей: а) целые – 3 шт.; б) с отверстиями диаметром 48 мм в центре – 3 шт.; в) с отверстиями диаметром 48 мм вблизи длинной стороны панели – 3 шт.; г) с отверстием диаметром 48 мм в углу панели – 3 шт.; д) с ремонтной вставкой по традиционной технологии в центре – 3 шт.; е) с ремонтной вставкой в центре, выполненной по нетрадиционной технологии – 4 шт.; ж) с ремонтной вставкой по традиционной технологии вблизи длинной стороны панели – 3 шт.; з) с ремонтной вставкой по нетрадиционной технологии вблизи длинной стороны панели – 3 шт.; и) с ремонтной вставкой по традиционной технологии в углу панели – 3 шт.; к) с ремонтной вставкой по нетрадиционной технологии в углу панели – 3 шт. Говоря о традиционном и нетрадиционном методах ремонта, нужно отметить, что суть традиционного метода заключается в заполнении отверстия сотовой вкладкой с геометрическими и физико-механическими характеристиками такими же, как и сотовый пакет панели. С обеих сторон на сотовый вкладыш приклеиваются накладки из материала несущих слоев [1].

Суть нетрадиционного метода ремонта заключается в заполнении отверстия специально изготовленными трубками с высотой, равной высоте заполнителя, с обеих сторон, на которые также приклеиваются накладки из материала несущих слоев. Данная схема ремонта трехслойных сотовых конструкций внедрена в практику ремонтно-восстановительных работ Внуковского авиаремонтного завода № 400 [1]. На рис. 1 показана фотография и схема ремонтной втулки сотовой панели участка отремонтированной панели нетрадиционным способом без верхней накладки.

Необходимость разработки нетрадиционных способов ремонта трехслойных сотовых конструкций вызвана тем, что восстановительный ремонт поврежденных сотовых конструкций заготовкой из аналогичного сотового пакета, является дорогостоящим мероприятием по причине дороговизны исходных сотовых листов – заготовок и, с невозможностью его проведения в стационарных или войсковых условиях. Снятие поврежденного агрегата планера ЛА и его транспортировка на авиаремонтные заводы является необоснованно дорогостоящим мероприятием и влечет за собой продолжительный вывод из строя всего ЛА [1]. Испытуемые образцы показаны на рис. 2.

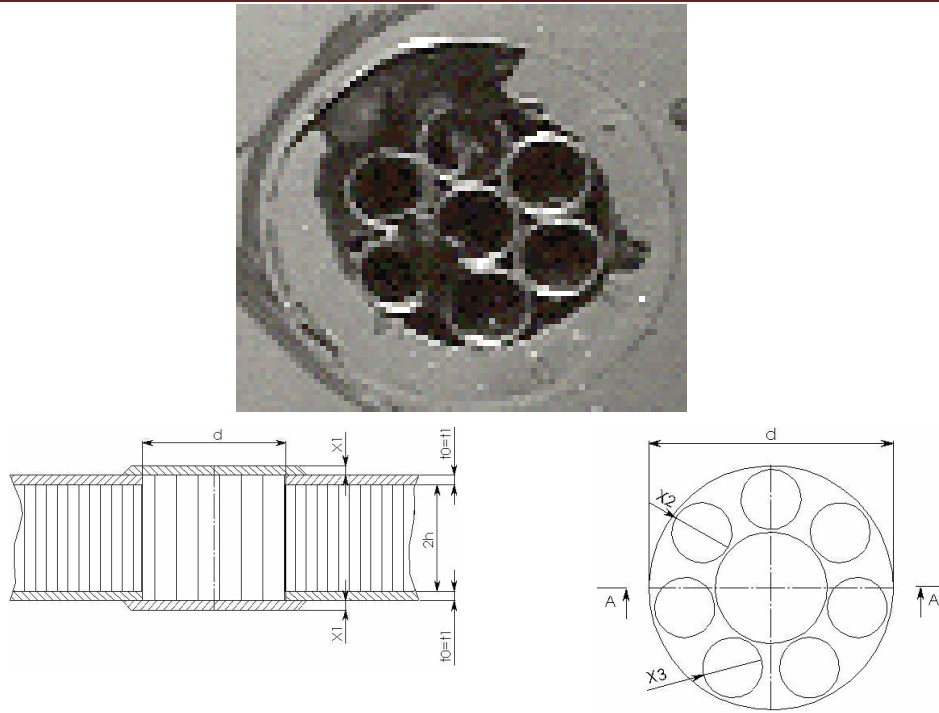


Рис.1 Вид и схема ремонтной втулки сотовой панели

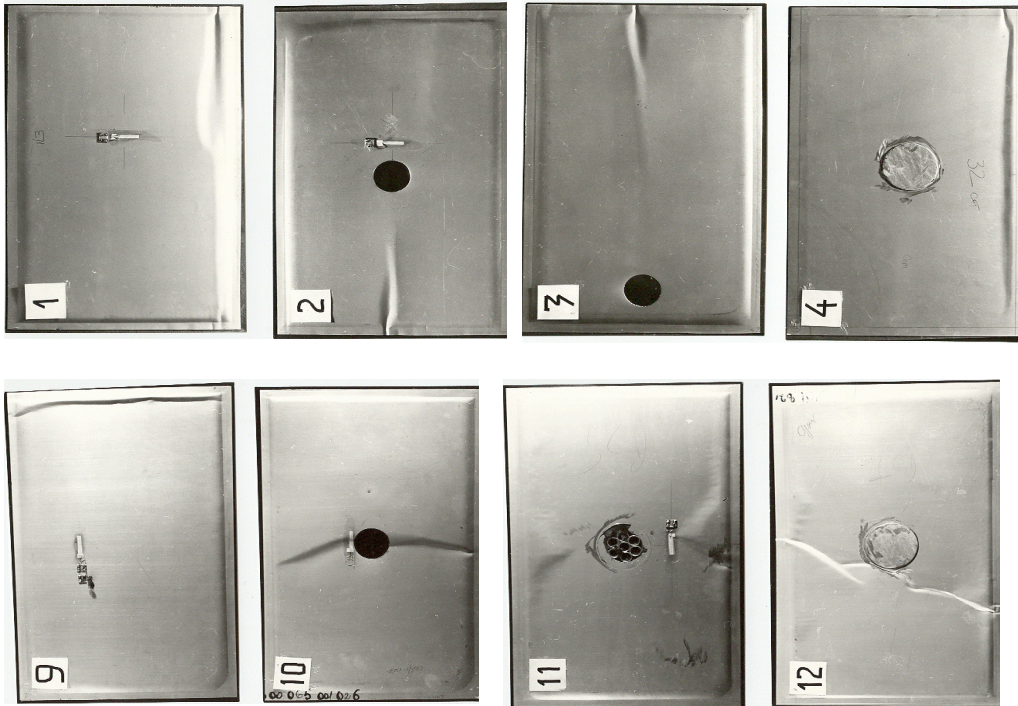


Рис.2 Испытуемые образцы трехслойных сотовых панелей

Экспериментальная установка

Эксперимент проводился на кафедре «Космические системы и ракетостроение» Московского авиационного института. Собственные частоты изгибных колебаний панелей определялись с помощью вибростенда ВЭДС – 100. На

шток вибратора была установлена рама, в которой панели защемлялись по торцам с помощью винтов. Шток вибратора был ориентирован по нормали к поверхности панели. Вибратор ВЭДС – 100 помещен в акустической камере стенда АЗС (см. рис. 3).

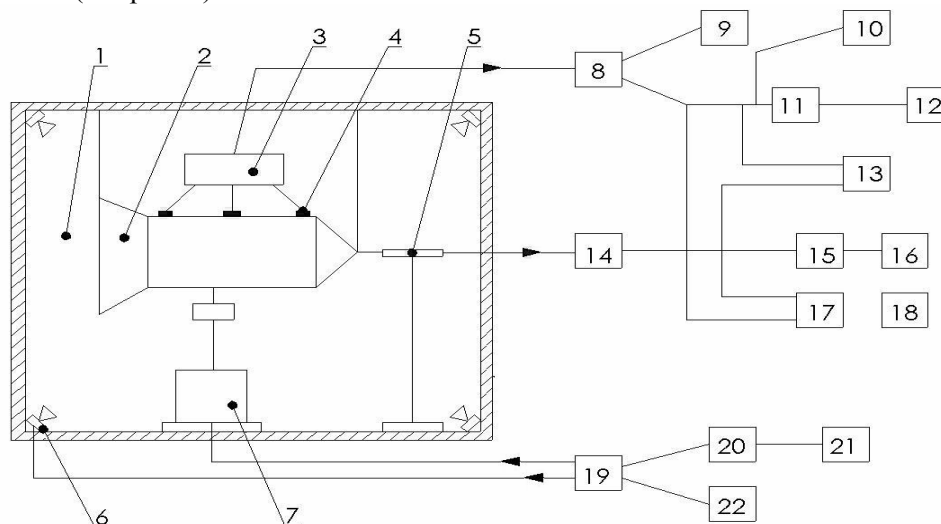


Рис. 4 Стенд АЗС (1 – акустическая камера, 2 – испытуемый объект, 3 – коммутатор, 4 – датчик, 5 – микрофон, 6 – громкоговоритель, 7 – вибростенд, 8 – усилитель, 9 – шлейфовый осциллограф, 10 – цифровой вольтметр, 11 – анализатор, 12 – самописец, 13 – двух лучевой осциллограф, 14 – шумомер, 15 – анализатор, 16 – самописец, 17 – УББ-100, 18 – ЭВМ СМ4, 19 – усилитель, 20 – анализатор, 21 – генератор шума, 22 – звуковой генератор)

Управление им осуществлялось прибором ГЗ – 33. Частота вибрационного сигнала контролировалась частотометром ЧЗ – 33. На панели наклеивались датчики виброперегрузки ИС – 579Н в количестве 5 – 6 штук для определения первых трех резонансных частот и соответствующих форм колебаний. Электрические сигналы с вибродатчиков усиливались и подавались на двухлучевой осциллограф СИ – 64А и вольтмиллиамперметр Ф – 563, с помощью которых контролировались амплитуды и фазы колебаний различных точек панели.

Методика проведения испытаний

Собственные частоты колебаний панелей определялись «резонансным» методом. Управление вибратором ВЭДС – 100 осуществлялась прибором ГЗ – 33 вручную. Уровень вибрационной нагрузки на панель устанавливался таким, чтобы была возможна четкая фиксация амплитудно – частотных характеристик вибраций панелей. Путем плавного изменения частоты задаваемой вибрации определялись резонансы вибраций панелей, а частоты, соответствующие резонансам, отождествлялись с собственными частотами колебаний панелей.

При проведении испытаний фиксировались три собственных частоты: первая – с формой, имеющей одну пучность колебаний, вторая – с формой, имеющей узловую линию вдоль короткой стороны панели, третья – с формой, имеющей узловую линию вдоль длинной стороны панели.

Результаты экспериментального исследования по определению частот собственных колебаний трехслойных сотовых панелей.

По результатам экспериментального исследования частотных характеристик трехслойных панелей следует отметить, что имеется существенный разброс значений собственных частот при испытаниях панелей одного вида:

для панелей «а» разброс значений первой собственной частоты составляет 9 Гц, второй собственной частоты – 2 Гц, третьей – 7 Гц;
 для панелей «б» разбросы соответственно составляют 6 Гц, 11 Гц, 9 Гц;
 для панелей «в» разбросы равны 18 Гц, 21 Гц, 22 Гц;
 для панелей «г» разбросы равны 6 Гц, 1 Гц, 5 Гц;
 для панелей «д» – 7 Гц, 10 Гц, 7 Гц;
 для панелей «е» – 15 Гц, 16 Гц, 12 Гц;
 для панелей «ж» – 11 Гц, 6 Гц, 2 Гц;
 для панелей «з» – 19 Гц, 20 Гц, 35 Гц;
 для панелей «и» – 1 Гц, 1 Гц, 10 Гц;
 для панелей «к» – 6 Гц, 5 Гц, 9 Гц.

Разбросы собственных частот определяются различиями массово – геометрических и жесткостных характеристик панелей, связанных с технологией изготовления. Погрешности измерений составляют ± 1 Гц. Наиболее велики разбросы собственных частот ремонтных панелей. В таблице 1 приведены результаты экспериментального исследования.

Таблица 1. Частоты собственных изгибных колебаний трехслойных сотовых панелей

Вид панели	1			2			3						4			
	Целье			Отверстие в центре			Ремонтная вставка в центре						Отверстие у длинной стороны			
№ частоты	Номер панели															
	1	4	5	2	6	7	3	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	222	219	228	229	229	223	210	212	197	210	217	211	216	231	385	595
2	390	388	388	377	378	367	377	374	362	378	386	376	388	213	383	573
3	600	593	598	598	595	589	595	596	–	584	590	588	590	218	364	–
Ремонт	Без ремонта						сот	тр.	тр.	тр.	сот	сот	сот	Без ремонта		

Таблица 1. (Продолжение) Частоты собственных изгибных колебаний трехслойных сотовых панелей

Вид панели	5						6			7						
	Ремонтная вставка у длинной стороны						Отверстие в углу			Ремонтная вставка в углу						
№ частоты	Номер панели															
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1	201	220	217	217	217	228	222	228	228	223	229	228	221	221	220	
2	378	398	382	383	385	379	381	381	380	380	381	385	381	382	381	
3	565	600	579	–	579	581	601	598	596	590	599	590	584	–	594	
Вид ремонта	тр.	тр.	тр.	сот.	сот.	сот.	Без ремонта			тр.	тр.	тр.	сот.	сот.	сот.	

Л и т е р а т у р а

1. Сафронов В.С. Аналитическая оценка несущей способности восстанавливаемых силовых конструкций летательных аппаратов. – М.: МАИ – ПРИНТ, 2009. – 216 с.
2. Сафронов В.С. Экспериментально-теоретическое исследование жесткостных характеристик неоднородных трехслойных сотовых панелей// Авиакосмическое приборостроение. – Изд-во «Научтехлитиздат», 2009. – №12. – С. 28-33.
3. Сафронов В.С., Туркин И.К. и др. Оценка жесткостных характеристик поврежденных и восстановленных сотовых панелей на базе экспериментально-теоретического

исследования// В материалах Межд. научно-техн. конф. «Наука и техника гражданской авиации на современном этапе». – М.: МГТУГА, 1994. – С. 26-28.

4. Safronov, V.S., Turkin, I.K. Optimum design aircraft thin walled structures // Resent research and design progress an aeronautical engineering and its influence on education. Part III. – *Research bulletin*. – 2001. – №12. – С. 47-54.

References

1. Safronov, VS (2009). Analytical Estimation of Bearing Capacity of Restored Power Designs of Flying Machines: Monograph. M.: MAI - the PRINT, 216 с.

2. Safronov, VS (2009). Experimental and theoretical study of the stiffness characteristics of heterogeneous sandwich honeycomb panels. *Aerospace instrument making*, № 12, p.28-33.

3. Safronov, VS, Turkin, IK (1994). Rating stiffness characteristics of damaged and recovered cell panels based on experimental and theoretical research. In *Proc. of International Scientific-and-Technical Conference "Science and Technology of Civil Aviation at the Present Stage"*, M.: MSTUCA, p. 26-28.

4. Safronov, VS, Turkin, IK (2001). Optimum design aircraft thin walled structures. *Resent research and design progress an aeronautical engineering and its influence on education. Part III, Research bulletin*, №12, p. 47-54.

EXPERIMENTAL STUDY OF NATURAL FREQUENCIES OF THREE-LAYERED HONEYCOMB PANELS WITH HOLES AND REPAIR SLEEVES

Safronov V.S.

Moskovskiy aviatsionniy institute (GTU)

The paper presents a methodology and experimental research results of an experiment to determine the frequencies of the natural flexural vibrations of flat sandwich panels with cut inserts and repair various structures.

KEY WORDS: sandwich panels, bending frequency, experiment, cutout, repair insert.

