

Определение модуля упругости и коэффициента Пуассона листовых материалов при чистом изгибе тензометрическим методом

О.Д. Жалдыбина, В.А. Мехеда

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия

Обоснование. Упругие постоянные материалы используются в расчетах конструкций на прочность, жесткость, устойчивость, колебания, усталость. Значения этих характеристик могут быть найдены только путем множественных экспериментов. Упругие постоянные не могут находиться с помощью математических и логических расчетов и заключений. Для определения модуля упругости и коэффициента Пуассона проводятся эксперименты на кручение, растяжение, сжатие и изгиб.

Цель — исследование возможностей тензометрического метода в вопросе определения модуля упругости и коэффициента Пуассона, определение влияния прокатки и повышение точности при определении модуля упругости и коэффициента Пуассона.

Методы. Проводилось испытание образцов, выполненных из листовых авиационных материалов (Д16АТ, АМГ6-пр, 1Х18Н9Т, Титан, 30ХГСА, АМГ6-поп, МА-1), на четырехточечный изгиб с измерением деформации тензометрическим методом. Достоинства данного метода заключались в приложении малых усилий к образцу, постоянном поле напряжений на поверхности рабочей части образца, высокоточном измерении деформаций. Предпочтение отдавалось методике, основанной на четырехточечном изгибе образцов. Эксперименты выполнялись с использованием современной многоканальной микропроцессорной тензометрической системы ММТС-64. Для повышения точности измерений были предприняты следующие меры:

- 1) колодочки для припайки выводных проводников отнесены подальше от тензорезисторов, чтобы вносимая ими дополнительная жесткость сечения не сказывалась на результатах эксперимента;
- 2) производилась трехкратная тренировка системы повышенной на 20 % нагрузкой;
- 3) установлено max возможное количество повторных измерений в системе ММТС-64 при заданной нагрузке;
- 4) шарнирная система нагружения и подвески на тросиках обеспечивали симметрию нагружения составного образца и свободу продольного смещения точек;
- 5) нагружение системы силой тяжести обеспечивало строго вертикальное приложение нагрузки.

Результаты. После проведения эксперимента и последующей статистической обработки (задавались доверительными вероятностями $\beta = 0,90; 0,95; 0,99$ и критическим значением $t_{кр} = 2,04; 2,36; 3,02$) были получены следующие результаты: минимальные, средние и максимальные значения модулей упругости ($E_{мин}, E_{ср}, E_{макс}$), приведенные в таблице 1. Выявлено, что направление прокатки влияет на модуль упругости АМГ-6: в продольном направлении модуль упругости выше в 1,07 раза, чем в поперечном направлении.

Таблица 1. Экспериментально определенные значения модуля упругости

Значения модулей упругости		Д16АТ	АМГ-6пр	1Х18Н9Т	ТИТАН	30ХГСА	АМГ-6поп	МА-1
$\beta = 0,90,$ $t_{кр} = 2,04$	Е мин, МПа	0,6920928	0,7132569	0,1872197	0,1070931	0,2124301	0,6647869	0,3944952
	Е ср, МПа	0,6938162	0,7148407	0,1883143	0,1074814	0,2137656	0,6664062	0,3949851
	Е макс, МПа	0,6955396	0,7164245	0,1894088	0,1078696	0,2151011	0,6680255	0,3954751
$\beta = 0,95,$ $t_{кр} = 2,36$	Е мин, МПа	0,69183	0,71667	0,189581	0,107930	0,215311	0,66828	0,39555
	Е ср, МПа	0,6938213	0,7148449	0,1883219	0,1074830	0,2137756	0,6664109	0,3949858
	Е макс, МПа	0,69581	0,71301	0,187052	0,107033	0,212226	0,66454	0,39442
$\beta = 0,99,$ $t_{кр} = 3,02$	Е мин, МПа	0,6912676	0,7124980	0,1866999	0,1069077	0,2117965	0,6640114	0,3942598
	Е ср, МПа	0,6938213	0,7148449	0,1883219	0,1074830	0,2137756	0,6664109	0,3949858
	Е макс, МПа	0,6963750	0,7171917	0,1899439	0,1080583	0,2157546	0,6688103	0,3957119
$b = 0,90$	Отклонение от среднего	0,25	0,23	0,58	0,3	0,62	0,24	0,12
Среднее значение коэф-фициента Пуассона		-0,32	-0,31	-0,27	-0,31	-0,28	-0,30	-0,32

Выводы. Данная работа позволила с высокой точностью определить модули упругости и коэффициенты Пуассона самых распространенных авиационных материалов (Д16АТ, АМГ6-пр, 1Х18Н9Т, Титан, 30ХГСА, АМГ6-поп, МА-1). Определено влияние прокатки на модуль упругости. Предложенная методика позволяет в соответствии с источником [1] уточнять механические характеристики конкретной партии листового материала и использовать более высокие расчетные значения.

Ключевые слова: модуль упругости; коэффициент Пуассона; листовые материалы; авиационные материалы; чистый изгиб; тензометрический метод; прочность.

Список литературы

1. consultant.ru [Электронный ресурс]. «Авиационные правила. Часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории» (утв. Постановлением 28-й сессии Совета по авиации и использованию воздушного пространства от 11.12.2008). Доступ по: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_291405/

Сведения об авторах:

Ольга Дмитриевна Жалдыбина — студентка, группа 1508-240501D, институт авиационной и ракетно-космической техники; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: olya-zhaldybina@mail.ru

Виллий Андреевич Мехеда — научный руководитель, кандидат технических наук, доцент; доцент кафедры космического машиностроения имени генерального конструктора Д.И. Козлова; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: villiy.mekheda@gmail.com