

УДК 620.00

Дудник В.В., д.т.н., профессор кафедры «ПБ», ФГБОУ ВО ДГТУ,
Лесняк С.В., к.т.н., доцент кафедры «МРСиИ», ФГБОУ ВО ДГТУ,
Карабут В.В., магистрант ФГБОУ ВО ДГТУ,
Самсонов И.К., магистрант, ФГБОУ ВО ДГТУ,
Мордовцев А.А., магистрант, ФГБОУ ВО ДГТУ,

Исследование зависимости прочности стеклопластиковых композиционных материалов на разрыв от типа плетения ткани и количества слоев

Аннотация. В статье рассматривается исследование зависимости прочности стеклопластиковых композиционных материалов на разрыв от типа плетения ткани и количества слоев. Проведен сравнительный анализ показателей прочности образцов на разрыв. В результате эксперимента были получены данные о силе, которую необходимо приложить чтобы для разорвать композит.

Abstract. The article deals with the investigation of the dependence of the strength of glass-reinforced plastic (GRP) composites on the rupture of the type of weaving of the fabric and the number of layers. A comparative analysis of the tensile strength of the samples was carried out. As a result of the experiment, data were obtained on the strength that must be applied to break the composite.

Ключевые слова: стекловолокно, плетение ткани, количество слоев, стеклопластиковые материалы, анизотропия, прочность на разрыв, авиация.

Key words: fiberglass, fabric weaving, number of layers, GRP materials, anisotropy, break stress, aviation.

Введение

Интенсивное развитие науки и техники требует поиска новых конструктивных и технологических решений. Одним из которых является внедрение композиционных материалов при производстве различных изделий. Существует великое множество композиционных материалов,

прежде всего, дадим определение этому термину. Композиционные материалы, или композиты – это конструкционные материалы, состоящие из металлической или неметаллической основы (матрицы) с распределенным в ней армирующим материалом [2]. Композиты обладают анизотропией свойств. В данной статье рассматриваются полимерные композиционные материалы (ПКМ), а именно стеклопластики. В роли армирующего материала в них используется стеклоткань, матрицей является эпоксидная смола. Говоря об авиационной промышленности, отечественной и зарубежной, стеклопластиковые ПКМ нашли свое применение в конструкциях летательных аппаратов (ЛА) во второй половине прошлого столетия, а широкое распространение получили к началу XXI века. В настоящее время стеклопластики широко применяются в производстве ЛА любого типа и класса.

Переходя к цели нашего исследования, стоит упомянуть о том, что выбор оптимального композиционного материала для изготовления того или иного изделия является сложной и комплексной задачей. В этой статье рассматривается первый этап цикла испытаний по выбору наиболее подходящего стеклопластика для изготовления лопастей и оперения вертолета очень легкого класса, относящегося к авиации общего назначения (АОН).

Подготовка эксперимента

На первом этапе испытаний проводится сравнительный анализ показателей прочности подготовленных образцов на разрыв. Образцы стеклопластика изготовлены методом ручной выкладки [1]. Данный метод является наиболее простым и доступным методом изготовления из множества существующих, он широко применяется в производстве ЛА АОН.

Этот метод представляет собой укладку слоев сухой или уже пропитанной смолой ткани (препрега) на подготовленную матрицу, обработанную антиадгезионным составом, с последующей пропиткой смолой и спеканием изделия в печи при определенной температуре. Типовая схема процесса показана на рис. 1.

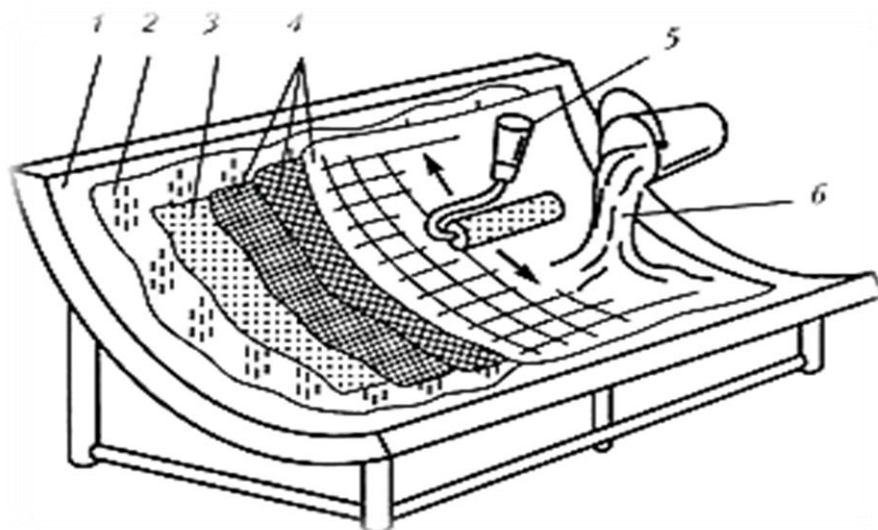


Рис.1 - Типовая схема ручной выкладки: 1 – матрица, 2 – антиадгезионный слой, 3 – первоначальный слой смолы, 4 – стеклоткань (армирующий материал), 5 – валик для пропитки ткани, 6 – смола (матрица).

Для эксперимента были изготовлены 31 образец стеклопластика, 26 из которых изготовлены с применением одного типа ткани и отличающихся количеством слоев (1 – 4 слоя) и 5 комбинированных – с применением нескольких типов ткани. Образцы представляли собой пластины прямоугольного сечения с развитыми по ширине и толщине ухватами.

Методика эксперимента

При проведении эксперимента использовалась материальная база лаборатории динамических испытаний (ЛДИ) вертолетостроительного

предприятия ПАО «Роствертол», помощь в предоставлении материалов и оснастки для изготовления образцов – ООО «Ростов Винт».

В ходе эксперимента образец помещался в разрывную машину, фотография которой представлена на рис. 2.



Рис. 2 - Разрывная машина. ЛДИ ПАО «Роствертол»

Процесс разрыва фиксировался на фото и видео аппаратуру. Фиксировалась сила, при которой образец разрушался. Полученные данные записывались в таблицу. С помощью штангенциркуля измерялись размеры сечения образца в месте разрушения. На основании полученных данных, используя формулу

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

где σ - напряжения при разрыве, МПа; F – сила, действующая на образец, Н; A – площадь поперечного сечения образца в месте разрушения, мм².

Полученные значения были сведены в табл. 1 для образцов с использованием однородной ткани, табл. 2 – для комбинированных образцов.

Таблица 1. Результаты разрывов образцов с однородной тканью.

	1 образец			2 образец		
	S , мм ²	F , Н	σ , МПа	S , мм ²	F , Н	σ , МПа
Т-10 (2 слоя)	47,3	1392	29,43	49,5	1356	27,39
Т-10 (3 слоя)	113,39	1340	11,82	98	1976	20,16
Т-10 (4 слоя)	119,56	1900	15,89	118,56	2000	16,87
45 °-45 ° (Биакс. 1 слой)	46,7	80	1,71	48,6	96	1,98
45 °-45 ° (Биакс. 2 слоя)	69,37	256	3,69	71,25	284	3,99
45 °-45 ° (Биакс. 4 слоя)	147,9	760	5,14	114,55	668	5,83
30 °-30 ° (Биакс. 1 слой)	36,47	424	11,63	36,12	556	15,39
30 °-30 ° (Биакс. 2 слоя)	62,4	776	12,44	65,61	1228	18,72
30 °-30 ° (Биакс. 4 слоя)	126,75	2088	16,47	127,5	2300	18,04
0/60 (1 слой)	51,49	840	16,31	52,9	960	18,15
0/60 (2 слоя)	98,28	1800	18,32	93,67	1800	19,22
0/60 (3 слоя)	126,28	2180	17,26	148,1	2900	19,58
0/60 (4 слоя)	180,16	3900	21,65	148,12	3340	22,55

Таблица 2. Результаты разрывов образцов с комбинированной тканью.

	1 образец			2 образец			3 образец		
	S , мм ²	F , Н	σ , МПа	S , мм ²	F , Н	σ , МПа	S , мм ²	F , Н	σ , МПа
T-10 * 30/-30 * T-10	106,7 8	1480	13,86	98,1	1420	14,48	92,14	1700	18,45
T-10 * 30/-30	75,74	1140	15,05	63,96	1100	17,20	-	-	-

Выводы

При проведении исследований в рамках данной статьи нами было выявлено следующее:

Для такого критерия как прочность образца на разрыв влияние комбинирования типа плетения стеклоткани является незначительным. Большее влияние, закономерно, оказывает толщина образцов, количество слоев стеклоткани в пакете.

Наиболее удачным по критерию разрывной прочности образцом является биаксиальная ткань с армирующей нитью и углом волокон 0/60 градусов.

В дальнейшем, после проведения всех запланированных испытаний будет выбрана ткань, показавшая наилучший результат при исследовании образцов на ее основе.

Помимо испытаний, направленных на поиск и выбор оптимального стеклопластика для изготовления конструкции нами начата работа по определению расчетных нагрузок, для проектировочных и проверочных прочностных расчетов готового изделия из стеклопластикового композиционного материала.

Список использованных источников

1. А.И. Преображенский. Стеклопластики – свойства, применение, технологии. Технологии и технологические решения, Главный механик №5, 2010г. 10с.
2. В.А. Рогов, М.И. Шкарупа, А.К. Велис. Классификация композиционных материалов и их роль в современном машиностроении. / Вестник РУДН, серия Инженерные исследования, 2012, №2.