

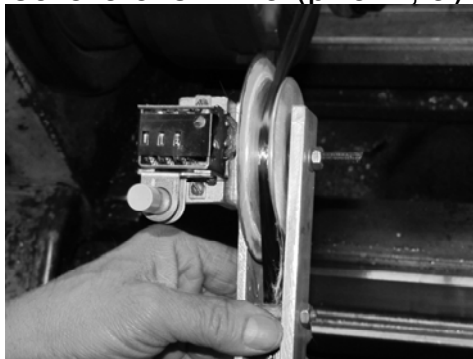
ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОДНОНАПРАВЛЕННОГО БАЗАЛЬТОПЛАСТИКА

В связи с недостатком в Украине заводов по производству стеклотканей и ровингов базальтовые волокна и изделия из них имеют большую перспективу применения в различных отраслях. До последнего времени в Украине производился только строительный базальтовый ровинг с толщиной элементарных волокон 20...24 микрон для армирования бетонных конструкций. В результате совместной работы Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт» с ЗАО «НТБ» впервые произведена опытная партия высокотемпературного непрерывного базальтового ровинга с толщиной элементарных волокон 8...12 микрон.

Базальтовые волокна обладают высокой механической прочностью при относительно низкой плотности, повышенной стойкостью к агрессивным средам, низкой гигроскопичностью, высокой температуростойкостью, низкой теплопроводностью, стойкостью к ультрафиолетовому излучению и т.д. [1].

В университете давно ведутся работы по созданию различных изделий из композиционных материалов для летательных аппаратов: лопасти несущих винтов автожиров и вертолётов, лопасти воздушных винтов силовых установок, рессоры шасси, корпусные детали и т. д.

Исследуя возможность автоматизированного производства элементов конструкций из композиционных материалов было принято решение получить однонаправленный базальтовый брус сечением 20×30 мм методом пултрузии под имеющуюся фильеру. Для этого сечения требуется линейная плотность жгута ровинга 236400 текс, что было невозможно из-за малого количества изготовленных бобин. Для чего ровинг был перемотан вчетверо на пластмассовые катушки из-под электропровода с четким отмериванием метража с помощью разработанного механического счётчика (рис. 1, а).



а



б

Рисунок 1 – Получение базальтового ровинга с линейной плотностью 9600 текс : а – счетчик метража ровинга; б – скручивание нитей на бобину

На пултрузионной машине компании «Компласт» получен образец базальтового бруса, подобраны режимы полимеризации, скорость протяжки, температура, состав связующего и т. д. (рис. 2).



а



б



Рисунок 2 – Получение прямоугольного бруса:

а – подача базальтового ровинга; б – пропитка в ванной с эпоксидным связующим; в – выход базальтового бруса из фильеры

Испытания образцов проведены в научно-исследовательской лаборатории «Прочность и надёжность авиаконструкций (ПНИЛ «Прочность»)» кафедры 102 университета. Образцы для испытаний вырезаны из базальтового бруса размером 20х30х300 мм: по ГОСТ 25.601-80 – на растяжение; по ГОСТ 25.602-80 – на сжатие; по ГОСТ 25.604-82 – на поперечный изгиб (рис. 3, 4).

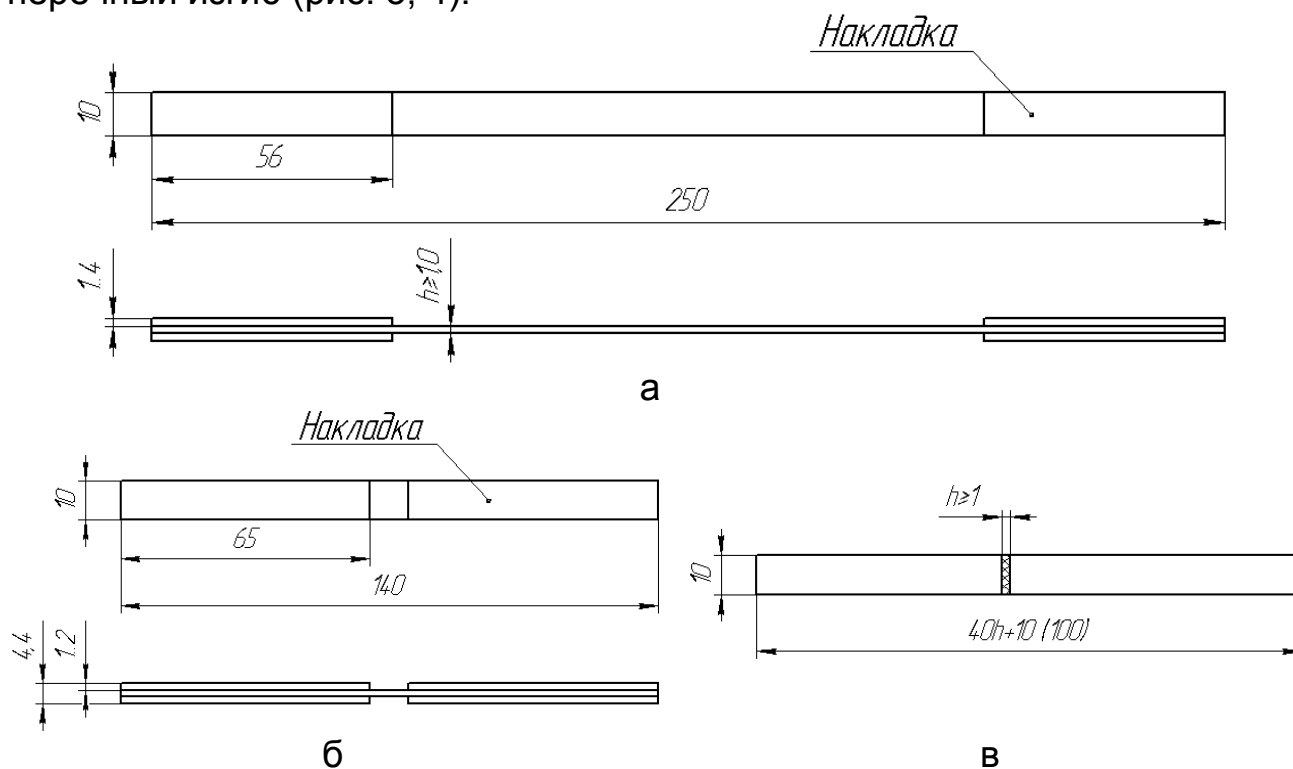


Рисунок 3 – Геометрические параметры образцов для испытаний:
а – на растяжение; б – сжатие, в – поперечный изгиб

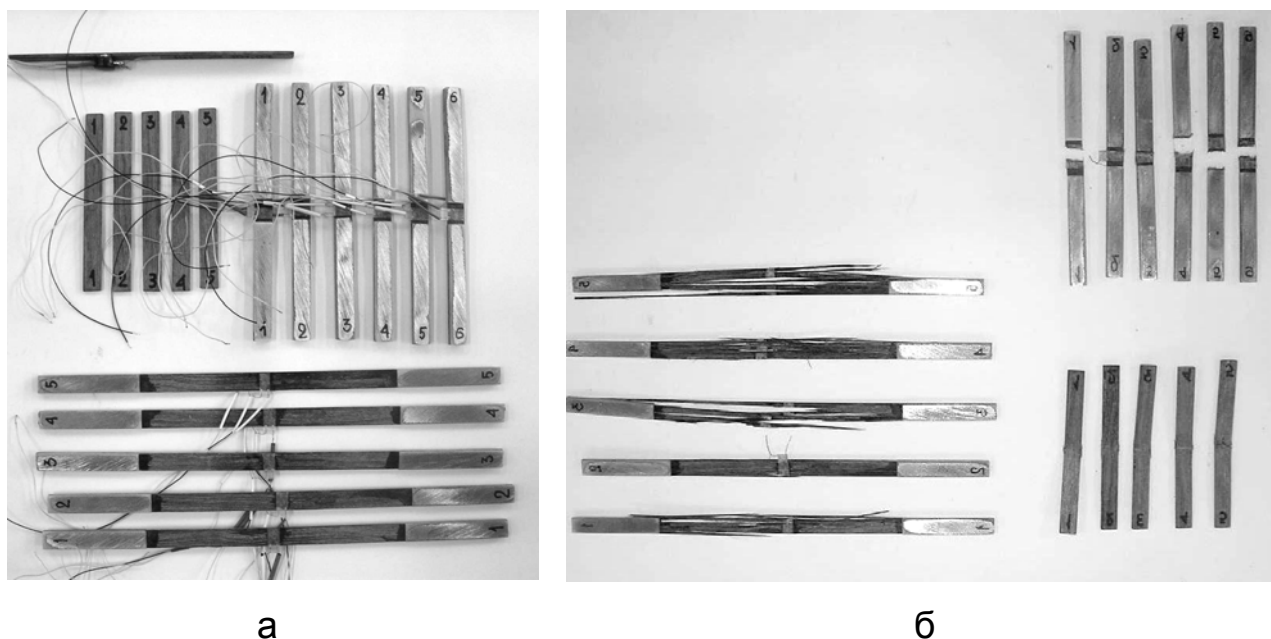


Рисунок 4 – Испытуемые образцы:
а – до испытаний; б – после испытаний

Испытания образцов проводились на испытательном комплексе, в который входят: испытательная машина ZD 10/90; система измерительная тензометрическая СИИТ-3; программное обеспечение обработки показаний тензодатчиков с построением графиков; программное обеспечение обработки датчика перемещения с построением графика «сила - перемещение».

Физико-механические характеристики образцов представлены в табл. 1 – 6 и на рис. 5.

Таблица 1 – Сводная таблица результатов испытаний образцов на растяжение

№ п/п	Ширина $b, \cdot 10^{-3} \text{ м}$	Толщина $h, \cdot 10^{-3} \text{ м}$	Площадь $F, \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$	Разрушающая нагрузка $P, \text{ Н}$	Разрушающее напряжение $\sigma_{\text{в}}, \text{ МПа}$	Коэффициент Пуассона μ	Модуль упругости $E, \text{ МПа}$
1	9,9	1,26	12,47	7256,9	581,76	0,292	45944,5
2	10,1	1,23	12,42	8423,9	678,09	0,272	51584,0
3	9,91	1,23	12,19	8442,6	692,63	0,230	46514,3
4	9,7	1,24	12,03	7070,6	587,84	0,310	47958,1
5	9,9	1,22	12,08	9639,9	798,14	0,274	48152,8

Таблица 2 – Результаты статистической обработки на растяжение

Параметр	$\sigma_{\text{в}}, \text{ МПа}$	μ	$E, \text{ МПа}$
$\bar{x}$	667.69	0.276	48030.7
S_{n-1}	88.75	0.030	2196.5
$CV, \%$	13.29	10.75	4.57

Таблица 3 – Сводная таблица результатов испытаний образцов на сжатие

№ п/п	Ширина $b, \cdot 10^{-3} \text{ м}$	Толщина $h, \cdot 10^{-3} \text{ м}$	Площадь $F, \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$	Разрушающая нагрузка $P, \text{ Н}$	Разрушающее напряжение $\sigma_{\text{с}}, \text{ МПа}$	Коэффициент Пуассона μ	Модуль упругости $E, \text{ МПа}$
1	9,81	1,24	12,16	6766,6	556,26	0,268	45523,7
2	9,9	1,22	12,08	6717,6	556,18	0,247	44906,6
3	9,98	1,47	14,67	6550,8	446,53		49952,3
4	9,87	1,28	12,63	8306,2	657,47	0,272	56261,6
5	9,96	1,18	11,75	7325,6	623,30		
6	9,96	1,22	12,15	7629,6	627,89	0,198	42611,4

Таблица 4 – Результаты статистической обработки на сжатие

Параметр	σ_{θ} , МПа	μ	E , МПа
$\bar{x}$	577,9	0,246	47851,1
S_{n-1}	76,28	0,034	5401,25
CV , %	13,20	13,92	11,29

Таблица 5 – Сводная таблица результатов испытаний образцов на поперечный изгиб

№ п/п	Ширина b , 10^{-3} м	Толщина h , 10^{-3} м	Площадь F , 10^{-6} м ²	Разрушающая нагрузка P , Н	Разрушающее напряжение σ_{θ} , МПа	Модуль упругости E , МПа
1	10,04	2,22	22,29	548,2	1329,46	51935,3
2	9,98	2,26	22,55	549,2	1292,83	47145,8
3	9,93	2,23	22,14	447,2	1086,70	44466,2
4	9,95	2,24	22,29	598,2	1437,85	50878,2
5	10,08	2,27	22,88	421,7	974,22	43693,6

Таблица 6 – Результаты статистической обработки на поперечный изгиб

Параметр	σ_{θ} , МПа	E , МПа
$\bar{x}$	1224,21	47623,8
S_{n-1}	188,96	3702,2
CV , %	15,44	7,77

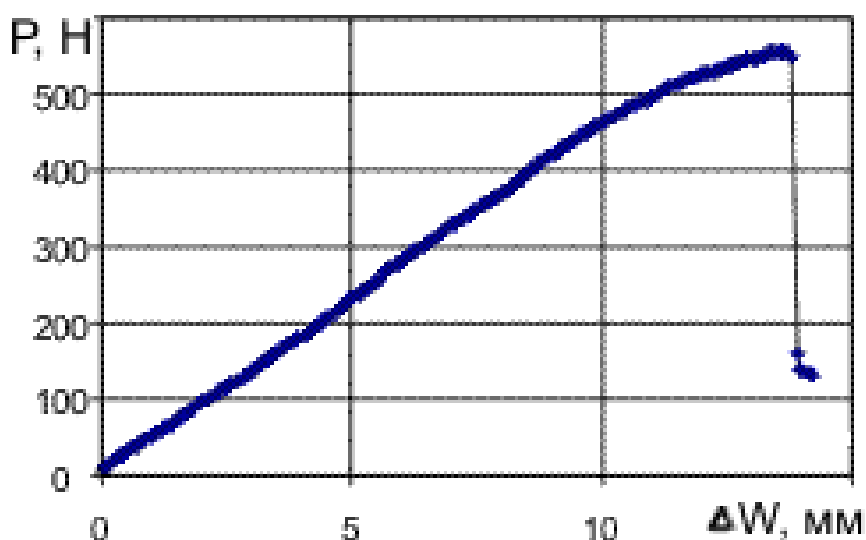


Рисунок 5 – Приведенный средний график зависимости при продольном изгибе

По результатам испытаний образцов можно сделать заключение, что образцы однонаправленного базальтового пластика имеют высокие удельные характеристики. При небольшом среднем модуле упругости и высоком временном сопротивлении базальтопластик хорошо подходит для изготовления упругих элементов рессор шасси самолетов, автожиров, мотодельтапланов, мотопарапланов.

Из базальтового профиля спроектирована и изготовлена рессора шасси (рис. 6) легкого самолета на 500 кг взлетной массы и передана для дальнейших исследований в ПНИЛ «Прочность».

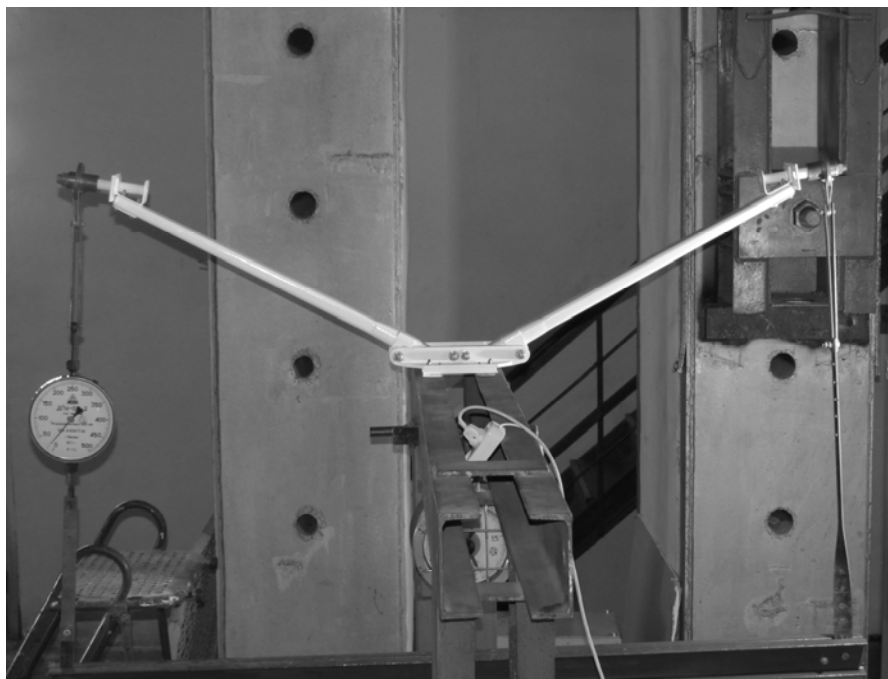


Рисунок 6 – Рессора шасси для легкого самолета

На основе рессоры подготовлены 5 лабораторных работ по курсу «Расчет самолета на прочность».

Список использованных источников

Демченко, А.Я. Выбор материала для корпусных деталей АВП [Текст] / А.Я. Демченко // Міжнародна наук. - техн. конф. «Проблеми створення та забезпечення життєвого циклу авіаційної техніки»: тези доп. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2012. – С. 106.

*Поступила в редакцию 14.12.2012.
Рецензент д-р техн. наук, проф. Я.С. Карпов,
Национальный аэрокосмический университет
им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков.*