

Интерес к высокопрочным синтетическим волокнам и нитям проявляется в части их использования в качестве армирующей составляющей при создании композиционных материалов (КМ). Наибольший интерес при создании КМ представляет применение полиолефиновых волокон из СВМПЭ и тканей на их основе. Преимуществом данного вида волокон является относительная дешевизна и высокие показатели физико-механических характеристик, при их малой плотности по сравнению с другими видами синтетических волокон (меньше единицы). Особенно актуально это свойство армирующих тканей при получении композитов на их основе в авиации, где необходимы повышенные физико-механические характеристики композитов в сочетании с легкостью. Однако гидрофобность поверхности тканей из СВМПЭ препятствует их смачиванию полимерным связующим, в результате сцепление волокон с полимерной матрицей в КМ является слабым, что неизбежно приводит к разрушению КМ. В этой связи актуальной становится поверхностная активация СВМПЭ волокон и тканей, с целью повышения их адгезионной способности к полимерным матрицам. Кроме того, недостатком СВМПЭ волокон являются низкие температуры эксплуатации, что снижает температурный диапазон использования КМ, следовательно, актуальным является повышение тепло- и термостойкости СВМПЭ волокон, тканей и КМ на их основе. Как показал проведенный анализ существующих методов модификации волокон и нитей, большинство широко используемых методов модификации требует значительных изменений в технологическом оформлении процессов их получения, что приводит к повышению себестоимости готовой продукции и, зачастую, к ухудшению экологической обстановки [1]. Перспективным направлением для модификации синтетических волокон и нитей является использование ВЧ плазменной обработки, которая имеет важное преимущество по сравнению с другими способами модификации - в определенных режимах она не влияет на внутренне строение, изменяя только состав и структуру поверхностного слоя полимера, что позволяет регулировать заданное свойство, не ухудшая других свойств. Кроме того, обработка неравновесной низкотемпературной плазмой (ННТП) является экологически безопасной, высокоэффективной и менее затратной, по сравнению с традиционными методами химической и физической модификации полимерных материалов [2]. Изучено влияние ННТП на адгезионную способность СВМПЭ волокон к полимерным связующим. Показано, что применение плазменной обработки СВМПЭ волокон повышает их смачиваемость на воздухе эпоксидной матрицей до 86%, по сравнению с исходным волокном. Исследование элементарных образцов микрокомпозита показали, что прочность соединения активированного волокна и ткани с полимерной матрицей повышается до 3 раз. Установлено, что эффект изменения капиллярных свойств СВМПЭ волокон в результате плазменной обработки сохраняется в течение года и более [3]. Изучение свойств КМ на

основе плазмоактивированных волокон показало, что при любой укладке СВМПЭ волокна, а также при использовании тканей, предел прочности при изгибе и предел прочности при сдвиге возрастают в 2-3 раза, а ударная прочность композита превышает таковую для кевлара, стеклопластика, углепластика [4].

Результаты экспериментальных исследований позволяют рекомендовать применения СВМПЭ ткани для производства мягких топливных баков по стандартной «резиновой» технологии. Баки изготавливались с использованием разборных форм, изготовленных ЗАО «КВЗ» для вертолета Ансат по чертежу, представленному на рисунке 1. Рис. 1 - Чертеж бака на основе СВМПЭ Резина, применяемая для изготовления баков, производится на ЗАО «КВАРТ» и имеет следующие характеристики (табл. 1).

Наименование	Показатели	Норма	Метод контроля	Условная прочность
прочность при растяжении	МПа	7,84 (80)	ГОСТ 270-75	Относительное удлинение при разрыве, % не менее 320
Твердость по Шору	ед	в пределах 65-75	ГОСТ 263-75	Температурный предел хрупкости, °С, не выше -26
ГОСТ 7912-74	Изменение отн. удлинения после старения в воздухе T=100 ±1 °С, в течение 24±ч, % не менее -45	ГОСТ 9.024-74	Изменение массы образца после выдержки в смеси 70 об.ч. изооктана и 30 об.ч. толуола T=23 ±2 °С, в течение 12±1ч, % не более 20	ГОСТ 9.030-74
Изменение массы образца после воздействия масла МС-20 T=125 ±2 °С, в течение 18±1ч, % не более -10	ГОСТ 9.030-74	Изменение массы образца после воздействия топлива ТС-1 T=23 ±2 °С, в течение 24±1ч, % не более 8	то же	Плотность, г/м ³ 1,35±0,05
ГОСТ 267-73	Баки на основе резины, армированной Русаром и СВМПЭ произведены на ЗАО «КВАРТ» по стандартной технологии. Вид готового бака представлен на рисунке 2.			

Рис. 2 - Вид топливного бака по вариантам 4,5 - подготовка к испытаниям

Результаты сброса мягких топливных баков в металлической оснастке, заполненных на 80% водой с высоты не менее 15,2 метра на испытательной базе Заказчика показали отсутствие существенных повреждений как самой оснастки, так и отсутствие разгерметизации баков внутри ее. Внешний вид бака в металлической оснастке представлен на рисунке 3. Далее баки извлекались из металлической оснастки и проводился сброс мягких топливных баков заполненных на 80% водой с высоты не менее 15,2 метра на испытательной базе КНИТУ-КАИ. Рис. 3 - Внешний вид бака в металлической оснастке

В результате баки получили следующие повреждения:

1. Бак на основе ткани Русар с резиной получил 3 разрыва, на расстоянии 5-7 см от мест склейки. Разрыв происходил по ткани (рис. 4).
2. Бак на основе плазмоактивированной ткани СВМПЭ с резиной получил 2 разрыва, непосредственно в местах склейки, при волокна ткани СВМПЭ «вытянуты» из мест склейки (рис. 5).

Рис. 4 - Бак на основе ткани Русар после сброса

Важно отметить, что внешняя поверхность резины бака на основе ткани Русар ровная, глянцевая, через которую не просматривается рисунок переплетения ткани. Характерный грязно-желтый цвет арамидного волокна Русар не изменился. В

данном случае можно говорить о недостаточной адгезии армирующей ткани и полимерной матрицы. Рис. 5 - Бак на основе ткани СВМПЭ после сброса. На поверхности бака на основе ткани СВМПЭ, напротив, отчетливо виден рисунок переплетения ткани. Исходная белая ткань из СВМПЭ на месте разрыва имеет черный цвет. Следовательно, плазменная активация приводит к существенному возрастанию адгезионной способности ткани к резине. В результате получен монолитный прочный композиционный материал, в котором СВМПЭ ткань и резиновая матрица работают как единое целое. В данном случае полученные разрывы могут быть устранены путем изменения лекал для раскроя ткани под конкретный вид топливного бака. В перспективе необходимо предусмотреть большой запас ткани на местах склейки, предпочтительно использование «замкового» соединения между слоями ткани. Таким образом, в результате исследования изготовлены два мягких топливных бака на основе тканей Русар и СВМПЭ и резины по стандартной технологии ЗАО «КВАРТ». Результат испытаний на сброс с высоты не менее 15,2 м в металлической оснастке показали отсутствие повреждений баков. При сбросе баков без оснастки 3 разрыва у бака на основе ткани Русар наблюдались по ткани, на основе ткани СВМПЭ - 2 разрыва, связанные с выдергиванием волокон в местах склейки. Наглядно виден эффект активации СВМПЭ волокна плазмой, т.к. наблюдается повышенная адгезия модифицированной СВМПЭ ткани к резине по сравнению с Русаром. Преимущество использования СВМПЭ ткани, активированной плазмой в том, что замена традиционных тканей в «резиновых» производствах топливных баков на СВМПЭ не приведет к существенным изменениям технологического процесса, но за счет высоких физико-механических характеристик и ударостойкости позволит получить авариестойкие мягкие топливные баки. Статья подготовлена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации при выполнении работ в рамках соисполнительского договора между КНИТУ и КНТУ-КАИ по созданию авариестойкой топливной системы вертолета, во исполнение договора № 02.G25.31.0082 от 23.05.2013 г между Открытым акционерным обществом «Вертолеты России» и Министерством образования и науки Российской Федерации об условиях предоставления и использования субсидий на реализацию комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства, выполняемого с участием российского высшего учебного заведения; договора № ВР-13-087-08 от 22.02.2013 г на выполнение научно-исследовательской, опытно-конструкторской работы и технологических работ (НИОКРиТР), заключенного между Открытым акционерным обществом «Вертолеты России» и Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Казанским национальным исследовательским техническим университетом им. А.Н. Туполева - КАИ».