

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

НОМИНАЦИЯ

"За успехи в создании систем и агрегатов для авиастроения"

Название работы: Освоение серийного производства препрегов для изготовления лопастей несущего винта (ЛНВ) вертолетов серии Ми, получаемых прямым прессованием в форме за единый технологический цикл.

В настоящее время ведущие российские и зарубежные производители вертолетов в своих разработках используют широкий спектр полимерных композиционных материалов (ПКМ) в различных конструкциях: лопастях несущих и рулевых винтов, деталях фюзеляжа. ПКМ по сравнению с металлами (алюминиевыми сплавами) имеют следующие преимущества:

- высокий уровень удельных характеристик прочности, как статической, так и усталостной, при относительно низкой плотности по сравнению с алюминиевыми сплавами;
- высокая стойкость к концентраторам напряжений, технологическим и эксплуатационным дефектам, позволяет иметь «мягкий и длительный» характер разрушений;
- отсутствие возможности коррозионных повреждений, которые у металлов приводят к возникновению усталостных трещин с последующим катастрофическим разрушением конструкции;
- «управляемая» анизотропия, возможность варьирования свойствами в зависимости от ориентации волокон в конструкции.

В Российской Федерации широко эксплуатируются лопасти с лонжеронами из стеклопластика марки ВПС-18 на растворном связующем ЭДТ-10П. Однако слабым звеном лопастного производства всегда являлись «недолгоживущие» препреги (от 3 до 12 суток при 20°C), низкопроизводительная, экологически опасная, энергоемкая растворная технология их производства. Кроме того, опыт эксплуатации вертолетов с лонжеронами несущих лопастей из стеклопластика ВПС-18 в странах с

тропическим климатом показал наличие такого явления, как значительный «стояночный свес» лопастей, вызываемый изменением упруго-прочностных свойств материала при естественном нагреве в условиях повышенной влажности, что, очевидно, связано с недостаточной теплостойкостью связующего ЭДТ-10П в стеклопластике ВПС-18. Многоступенчатая лонжеронная технология изготовления таких лопастей несущих систем вертолетов является трудоемкой, имеет длительный технологический цикл и не лишена недостатков при эксплуатации, таких как накапливание воды в сотовом заполнителе хвостовых отсеков, что приводит к изменению динамических характеристик лопастей и снижению их ресурса.

В настоящее время специалистами АО «МВЗ им.М.Л. Миля» разработана лопасть несущего винта нового поколения, представляющая собой интегральную трехслойную конструкцию замкнутого сечения (безлонжеронную), и изготавливаемая прямым прессованием в форме за единый технологический цикл, что значительно повышает стабильность весовых, геометрических параметров и упруго-прочностных свойств лопастей. Новая конструкция лопасти обеспечивает существенное увеличение усталостных характеристик за счет предельной интеграции несущих элементов из ПКМ, а также, снижает поглощение влаги в процессе эксплуатации во всеклиматических условиях за счет отсутствия сборочных элементов и их клеевых соединений, что существенно увеличивает назначенный ресурс лопастей и дает возможность, в перспективе, эксплуатировать их «по состоянию».

Для реализации данного конструктивного решения потребовалось создать комплекс новых полимерных композиционных материалов с повышенным уровнем упруго-прочностных характеристик, позволяющим противостоять значительному увеличению нагрузок на материал лопастей нового поколения.

В связи с этим, в соответствии с техническими требованиями АО «МВЗ им.М.Л. Миля», во ФГУП «ВИАМ» был разработан комплекс препрегов с длительной жизнеспособностью и ПКМ на основе эпоксидного расплавного связующего ВСР-3М и однонаправленных угле- и стеклоугленаполнителей (гибридов) и углеродной равнопрочной ткани, а также технология их изготовления.

Разработанные препреги производят по современной экологически чистой расплавной технологии - стекло- и угленаполнители пропитывают связующим в виде расплава (выбросы в атмосферу растворителей отсутствуют в отличие от производства российских препрегов, получаемых на основе растворных связующих, таких как ЭДТ-10П, ЭДТ-69).

Разработку и освоение серийной технологии изготовления препрегов проводили на современной пропиточной установке Coatema BL-2800, позволяющей получать препреги с точностью весового содержания связующего на уровне до 3%.

Разработанные препреги представляют собой материалы нового поколения: обладают высокой жизнеспособностью (90 сут при 20°C), оптимальной контактной липкостью и драпируемостью, управляемой минимальной вязкостью, обеспечивающей гибкость и удобство в процессе формования деталей, а также возможность формования деталей различными методами (автоклав, пресс-камера, пресс-форма).

ПКМ на основе разработанных препрегов обладают оптимальными для разработанной новой конструкции лопасти прочностными, упругими и весовыми характеристиками для увеличения порога флаттера: обеспечивают необходимую расчетную продольную, изгибную и крутильную жесткость при минимальном весовом вкладе в конструкцию лопасти.

При создании материалов для лопастей нового поколения были решены следующие задачи.

Разработаны составы препрегов для изготовления ПКМ:

- препрега ВСР-3М/РВМПН-10/SYT45-3К на основе одностороннего углеродного жгутового наполнителя - жгутов SYT45(S)-3К и стеклоровинга РВМПН-10-400;
- препрега ВСР-3М/SYT55-12К на основе одностороннего углеродного жгутового наполнителя - жгутов SYT55(S)-12К;
- препрега ВСР-3М/ВТкУ-2.280 на основе равнопрочной углеродной ткани ВТкУ2.280 с номиналом поверхностной плотности 285 г/м².

Выбраны оптимальные технологические режимы и разработаны технологии изготовления препрегов на современной пропиточной установке Coatema BL-2800:

- ТИ 1.595-25-1154-2018 «Изготовление одностороннего препрега ВСР-3М/SYT55(S) 12К на установке Coatema BL-2800»;
- ТИ 1.595-25-1151-2018 «Изготовление препрега ВСР-3М/ВТкУ-2.280 на установке Coatema BL-2800»;
- ТИ 1.595-25-1150-2018 «Изготовление одностороннего препрега ВСР-3М/РВМПН10-400/SYT45 3К на установке Coatema BL-2800».

Для обеспечения поставок препрегов ВСР-3М/ SYT55(S) 12K, ВСР-3М/ ВТкУ-2.280 и ВСР-3М/РВМПН10-400/SYT45 3K для изготовления лопастей новой конструкции разработаны Технические условия (ТУ) на препреги.

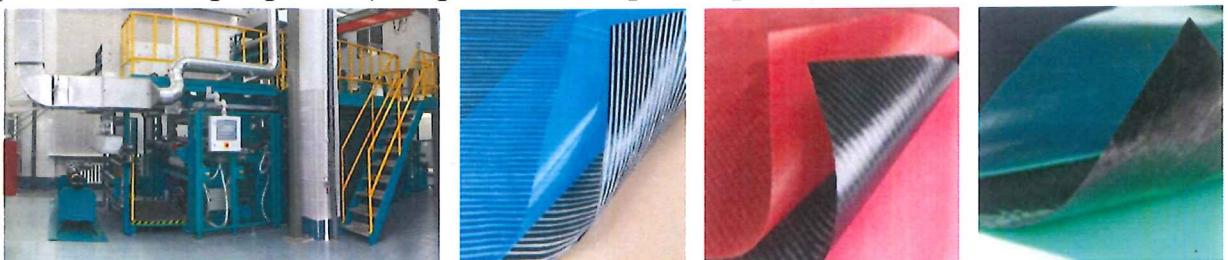
По разработанным технологиям на серийном производстве ФГУП «ВИАМ» были изготовлены опытно-промышленные партии препрегов, свойства которых отвечали требованиям соответствующих ТУ, из препрегов

были изготовлены плиты ПКМ и образцы. Проведены приемочные испытания препрегов ВСР-3М/SYT55(S) 12К, ВСР-3М/ВТкУ-2.280, ВСР-3М/PBMПН10-400/SYT45 3К и ПКМ на их основе. Технологической документации на изготовление препрегов присвоена литера «О₁».

Проведена общая квалификация (паспортизация) разработанных материалов.

Применение стекло-, угле- и стеклоуглепластиков, изготовленных по разработанным технологиям, обеспечивают:

- снижение удельного веса агрегатов несущей системы на 10 - 15 %;
- реализовать необходимую длительность цикла изготовления лопастей за счет повышенной жизнеспособности препрегов - не менее 3 месяцев при температуре (20 ± 3) °C;
- снижение эксплуатационных расходов на обслуживание вертолетной техники за счет повышения ресурса лопастей, обусловленного увеличением упруго-прочностных характеристик ПКМ;
- снижение выброса в атмосферу вредных веществ за счет применения экологически более чистой и пожаробезопасной технологии изготовления расплавных препрегов (по сравнению с растворной) и ПКМ.



Для проведения стендовых и летных испытаний лопастей интегральной трехслойной конструкции замкнутого сечения из разработанных материалов ФГУП «ВИАМ» организованы поставки препрегов на ПАО «Роствертол» и АО «МВЗ им. М.Л.Миля» в рамках х/договоров:

- Договор № 1081-17-18/МИ-17-2465-03 от 26.09.2017г.;
- Договор №978-16-17 от 22.08.16г.;
- Договор № 1081-17-18/МИ-17-2465-03 от 26.09.2017г.;
- Договор №011-19-19/МИ-19-0164-03 от 16.01.2019г.;
- Договор №778-18-18/МИ-18-1689-03 от 24.07.2018г.;
- Договор № 545-19-19 от 04.06.2019г.

Разработанные препреги являются перспективными для перехода от ручной выкладки элементов конструкций к автоматизированным способам (ATL и AFP), что значительно повысит качество и производительность процесса выкладки изделий из ПКМ.

Комплекс разработанных высокотехнологичных препегов позволит создавать лопасти для серийно-выпускаемых и перспективных вертолетов.

Заместитель генерального директора
ФГУП «ВИАМ»

Ю.Н. Шевченко



«10» марта 2020г.