

ОТЗЫВ

научного руководителя доктора технических наук Вермеля Владимира Дмитриевича на диссертационную работу Титова Сергея Анатольевича «Методика обеспечения повышения несущей способности конструкций из полимерных композиционных материалов и продления их ресурса», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов»

Диссертация Титова С.А. выполнена в Государственном научном центре Федеральном государственном унитарном предприятии «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» (ФГУП «ЦАГИ»).

В 2005 году Титов С.А. окончил магистратуру федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)» по направлению «Прикладные математика и физика». В 2006 году поступил в аспирантуру ФГУП «ЦАГИ» по научной специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

В период подготовки диссертации Титов С.А. проявил себя как самостоятельный и квалифицированный исследователь, органично сочетая умение вести как теоретическую, так и практическую работу по выбранной теме. В 2011 г. возглавил научный сектор.

Участвуя в анализе результатов прочностных испытаний агрегатов разрабатываемого магистрального самолета, изготовленных из полимерного композиционного материала (ПКМ), он обратил внимание на повреждения кромок деталей и отверстий в узлах соединений, приводящих к снижению статической прочности и преждевременному разрушению при знакопеременных нагрузках. Другой проблемой стало отсутствие плотных посадок металлических соединительных элементов в отверстиях деталей из ПКМ, вследствие хрупкости и низкой твердости связующего по сравнению с металлом. В результате образуются концентраторы напряжений, приводящие к существенному снижению контактной прочности и, в следствие зазоров, неодновременному включению соединительных элементов в работу.

Последнее с одной стороны обуславливает повышенный разброс прочностных характеристик, с другой - снижение ресурса как для соединений, так и деталей с ударными повреждениями, ремонтируемых усиливающими накладками с металлическим крепежом.

Актуальная и практически важная задача повышения прочностных и ресурсных характеристик деталей из ПКМ после механической обработки, их соединений и ремонта было выбрано С.А. Титовым в качестве темы диссертационной работы. Им последовательно были получены решения научно-технических задач, обеспечивающих достижения целей работы.

Исследования процесса резания композита со стекло- или угле-наполнителем, позволило сформулировать требования к режущему инструменту и технологическим параметрам обработки со сниженной повреждаемостью. Её внедрение в изготовление образцов для прочностных испытаний позволило снизить коэффициенты вариации прочностных характеристик с 7% до 4%.

Несомненной практической ценностью отличается предложенное С.А. Титовым решение по восстановлению кромочных повреждений путем обработки клеевой композицией с повышенными механическими характеристиками и, что особенно важно, трещиностойкостью. Обратив внимание на структуризацию изотропного эпоксидного клея формируемую диспергируемыми в ней углеродными наноконпонентами, он предложил целенаправленно использовать данное свойство для повышения характеристик наноклеевой композиции. Несомненной научной новизной отличаются проведенные расчетно-экспериментальные исследования в которых были выявлены факторы, обуславливающие повышение прочности и трещиностойкости создаваемой наноклеевой композиции, установлены наиболее эффективные углеродные наноконпоненты, технология их диспергирования. Важнейшим практическим результатом стало определение рациональной концентрации наноконпонент, которая составляет около 2%. При этом стоимость клея увеличивается незначительно.

Комплектность предлагаемым решениям придает проведенное исследование условий работы соединительных элементов (болтов) стягивающих соединяемые детали из ПКМ. По его результатам предложено вводить предварительный нормируемый натяг болтов. На основе оптимизационного прочностного расчета определены рациональные величины натяга. При применении упрочняющих накладок для ремонта повреждений деталей из ПКМ восстановление прочности ограничивается характерной потерей устойчивости накладки. С.А. Титовым предложено для ремонта повреждений использовать специальную разжимную вставку с

отбортовкой, помещаемую в отверстие после удаления поврежденного материала, с дозированным натягом.

Проведенная широкая апробация на конструктивно-подобных образцах показала существенное повышение статической прочности деталей с упрочненными кромками при комбинированном статическом нагружении до 15-20%, а ресурса соединений при знакопеременных нагрузках до 6 раз. По результатам ремонта на типовых образцах с использованием ремонтных разжимных вставок, устанавливаемых при обработке наноклеевой композицией с дозированным натягом, получено восстановление прочности до 95%, в условиях одностороннего доступа к повреждению и выступанию над внешней поверхностью менее чем на 0.5мм.

Полученные при выполнении диссертационной работы новые технические решения защищены патентами.

Особую ценность диссертационной работе придает внедрение результатов в ряде авиационных предприятий, разрабатывающих авиационные конструкции из композиционных материалов - ПАО «Корпорация «Иркут», АО «ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина», Научно-производственном комплексе (НПК) ЦАГИ при изготовлении крупномасштабных аэродинамических моделей.

Результаты диссертационной работы С.А. Титова использовались при выполнении государственных контрактов в 2011 – 2018 гг. в соответствии с Федеральной целевой программой (ФЦП) «Развитие гражданской авиационной техники России на 2002-2010 годы и на период до 2015 года» шифры «Модель 2011», «Основа», а также Госпрограмме РФ «Развитие авиационной промышленности на 2013 - 2025 годы» (контракты шифры «Развитие», «Скорость», «Стенд-2020», «Стрекоза»). С.А. Титов является ответственным исполнителем в целом ряде контрактных работ с предприятиями и институтами авиационной промышленности (ПАО «Корпорация «Иркут», АО «ОНПП «Технология» им. АГ Ромашина», ПАО «Компания «Сухой», ИПРИМ РАН и НЦ НВМТ ИМАШ РАН); и методических работ, выполняемых совместно с подразделениями комплекса прочности ФГУП ЦАГИ.

С.А. Титов активно участвует в российских и международных научно-технических конференциях по данной тематике представил более 20 докладов, а также имеет около 30 публикаций, в том числе 5 в журналах из перечня ВАК.

В заключение можно сделать вывод о том, что Титов С.А. является сложившимся научно-техническим специалистом и руководителем, а его диссертационная работа представляет собой законченное решение

актуальной, практически важной научно-технической задачи, содержит новые научные результаты и соответствует всем требованиям ВАК РФ.

Считаю, что Титов Сергей Анатольевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Научный руководитель –
начальник научно-технического центра
научно-производственного комплекса
ФГУП «ЦАГИ», профессор МФТИ,
доктор технических наук

Вермель В.Д.

Адрес: 140180, Московская область,
г. Жуковский, ул. Жуковского, д. 1.
Тел. 84955564362.
E-mail: npk@tsagi.ru.

Подпись начальника НТЦ НПК ФГУП «ЦАГИ», профессора МФТИ,
доктора технических наук Вермеля Владимира Дмитриевича заверяю.

Ученый секретарь диссертационного совета ФГУП «ЦАГИ»

Доктор физико-математических наук

Мурад Абрамович Брутян

