

ОБЪЕДИНЕННАЯ ДВИГАТЕЛЕСТРОИТЕЛЬНАЯ КОРПОРАЦИЯ
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ОДК-АВИАДВИГАТЕЛЬ»

УТВЕРЖДАЮ

Управляющий директор –
генеральный конструктор
АО «ОДК-Авиадвигатель»

А.А. Иноземцев
« » 28.4. 2023г.

Конкурсная работа
в номинации «За создание новой технологии»
в конкурсе «Авиастроитель года» по итогам 2022 года
«Разработка технологии создания рабочей лопатки вентилятора из ПКМ для
перспективного двигателя»

Пермь 2023

Содержание конкурсной работы

Термины, определения	3
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ	4
Введение.....	5
1 Цель работы.....	5
2 Актуальность работы	5
3 Краткое описание работы	7
4 Результаты и практическая значимость выполненных работ	12
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	14

Термины, определения

Комплект технологической документации – совокупность комплектов документов технологических процессов и отдельных документов, необходимых и достаточных для выполнения технологических процессов при изготовлении и ремонте изделия или его составных частей.

Препрег – готовый для переработки продукт предварительной пропитки связующим упрочняющих материалов тканой и нетканой структуры.

Полимерный композиционный материал – материал конструкционного назначения, состоящий из высокопрочных (средне- или высокомодульных) волокон (наполнителя) и полимерной матрицы (отверженного связующего) – гетерогенный материал, имеющий как минимум две самостоятельные фазы – полимерную матрицу и армирующие элементы, а также межфазный слой.

Схема армирования – последовательность ориентации слоев армирующего наполнителя в ПКМ относительно трехмерной системы координат.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

ДМА	– динамический механический анализатор
ДСК	– динамический механический анализ
КД	– конструкторская документация
КНД	– компрессор низкого давления
КПЭ	– конструктивно подобный элемент
МЦУ	– малоцикловая усталость
ПКМ	– полимерный композиционный материал
РЛ	– рабочая лопатка
ТГА	– термогравиметрический анализ
ТЗ	– техническое задание
ТКЛР	– температурный коэффициент линейного расширения
ТМА	– термомеханический анализатор
ТУ	– технические условия
ФМХ	– физико-механические характеристики
ФХХ	– физико-химические характеристики

Введение

В процессе работы над формированием облика перспективного двигателя большой тяги в диапазоне 20...50 тс для семейства широкофюзеляжных дальнемагистральных самолетов определены ключевые технологии, без которых обеспечение требуемых параметров двигателя было бы невозможно.

Одной из основных технологий для перспективного двигателя выбрана технология создания РЛ вентилятора из ПКМ. Данная технология является ключевой критической технологией №1, которая определяет конкурентоспособность двигателя на мировом рынке. Так как состоятельность данной технологии на прямую влияет на массовые и топливные характеристики двигателя в целом, а именно:

- уровень аэродинамических характеристик вентиляторной ступени в значительной степени влияет на топливную эффективность двигателя;
- применение в конструкции лопатки композиционных материалов влияет на снижение массы как самой лопатки, так и узлов двигателя, таких как диск, вал, корпус вентилятора. Также необходимо учитывать, что при обрыве РЛ вентилятора из ПКМ нагрузка на двигатель ниже по сравнению с нагрузкой при обрыве РЛ вентилятора из титанового сплава, следовательно, масса опоры вентилятора, промежуточного корпуса и остальных ДСЕ определяющих силовую схему двигателя снижается.

Разработка РЛ вентилятора из ПКМ является комплексной задачей, включающее в себя разработку конструкции, технологии и организацию производства. Данные задачи неразрывны и не могут решаться самостоятельно.

1 Цель работы

Целью данной работы является:

- Определение технологии изготовления с учетом имеющихся производственных мощностей на территории РФ;
- Разработка аэромеханического проекта РЛ вентилятора из ПКМ с учетом технологии изготовления;
- Подтверждение работоспособности РЛ вентилятора из ПКМ.

2 Актуальность работы

Применение ПКМ для авиационных двигателей нового поколения является ключевым и основным направлением, позволяющее кардинально снизить вес изделий с сохранением требуемой прочности, а значит повысить топливную эффективность самолетов и увеличить полезную нагрузку.

Внедрение в конструкцию авиационного двигателя РЛ вентилятора из ПКМ является ключевой критической технологией №1, так как имеет кумулятивный

эффект на массовые характеристики двигателя в целом в сторону снижения всех основных силовых узлов.

На сегодняшний день, подобной технологией изготовления РЛ вентилятора (работоспособной и применяемой в серии) обладает лишь один мировой гигант – General Electric, который свой путь по созданию лопаток вентилятора опытного двигателя с высокой степенью двухконтурности из углепластика начал с 1963 года. Само внедрение композитных лопаток вентилятора в сферу коммерческой авиации произошло в 1990-х годах, когда General Electric установила их на первые модели двигателей GE-90.

На российском рынке авиационной продукции композиционные материалы применяются лишь в конструкции статорных деталей, имеющих конструктив оболочки, а также звукоглощающих панелей. Применение композиционные материалы в роторных деталях (высоконагруженных) является новым направлением для отечественной авиационной промышленности.

Впервые на высоком техническом уровне решена задача по созданию конструкторско-технологической схемы изготовления РЛ вентилятора из ПКМ. Разработана не только конструкция РЛ вентилятора из ПКМ, но и технология, которая определяла конструктив лопатки.

Впервые в практике работы с ПКМ для исследований материалов и моделирования технологического процесса стали широко применяться современные методы термохимического анализа (ДСК, ДМА, ТМА, ТГА), позволяющие определять свойства материала при одновременном термическом и механическом (в том числе циклическом) воздействии (растяжение, сжатие, сдвиг, изгиб, пенетрация).

Проведено моделирование полимеризации углепластиков с различными схемами армирования с верификацией расчетов по результатам натурных испытаний.

Таким образом следует отметить следующее:

1. Все работы, связанные с разработкой конструктивно-технологической схемы изготовления РЛ вентилятора из ПКМ по препрерговой технологии, выполняются впервые как для предприятий ОДК, так и для российской промышленности.

2. Принципиальная новизна и актуальность в подходах к проектированию и разработке технологий отмечается в следующем:

- разработка препрергов углепластиков с принципиально новыми свойствами и компонентной базой;
- отработка формования толстостенных изделий толщиной до 80 мм и выбор температурного режима отверждения лопатки, имеющей переменные по длине толщины в замковой и перьевои части;
- внедрение в практику анализа материалов и отработки технологии методов термохимического анализа (ДМА, ДСК, ТМА, ТГА);

- технологическая схема формования РЛ вентилятора ПКМ в закрытой пресс-форме для получения в оснастке окончательной геометрической формы изделия с двухстадийным смыканием, а также системой независимых пuhanсонов, учитывающих сложную геометрию и большую «крутку» лопатки.
- создание специализированного производственного участка на базе НОЦ АКТ ПНИПУ для изготовления РЛ вентилятора из ПКМ по препрерговой технологии;
- введение в практику проектирования методики расчета процесса полимеризации изделия и его коробления на основе пакета Ansys.

3 Краткое описание работы

Разработка РЛ вентилятора из ПКМ – это сложная комплексная задача, требующая решения таких вопросов, как аэродинамика, прочность, технология и организация производства. Решение совокупности указных вопросов объединяется в «Разработку конструктивно-технологической схемы изготовления РЛ вентилятора из ПКМ».

В качестве прототипа-демонстратора конструктивно-технологической схемы изготовления РЛ вентилятора из ПКМ принята РЛ вентилятора в размерности двигателя ПД-14. Основной причиной выбора является наличие двигателя, на котором возможно продемонстрировать данную технологию.

Основными требованиями к прототипу-демонстратору являются:

- интеграция в существующий двигатель ПД-14;
- обеспечение аэродинамических и прочностных параметров.

3.1 Разработка конструктивного облика РЛ вентилятора из ПКМ.

В качестве аналога принята полая РЛ вентилятора из титанового сплава ВТ6 двигателя ПД-14.

Для прочностного проектирования (определения критериев) РЛ вентилятора из ПКМ, а также последующего подтверждения (верификации) выполнены следующие работы:

- проведены испытания КПЭ замка РЛ вентилятора из существующих углепластиков и вновь разработанных на статическую прочность и малоцикловую усталость;
- проведены испытания КПЭ пера РЛ вентилятора из существующих углепластиков с титановой входной кромкой на стойкость к попаданию посторонними предметами (град, твердое тело, имитатор биомассы);
- разработаны расчетные модели КПЭ на основе слоистой конечно-элементной модели, где толщина элемента равна толщине слоя. Выполнена серия расчетов для верификации расчетной модели;

- на основании верифицированной расчетной модели КПЭ разработана слоистая конечно-элементная модель РЛ вентилятора состоящая из n-го количества слоев, повторяющих каждый слой лопатки. Каждый слой имеет свою геометрию, свое направление и свойства определенного материала;
- выполнены расчёты на заброс крупной птицы (массой 1,85 кг и 2.75 кг) в РЛ вентилятора из ПКМ.

Учитывая технологические особенности изготовления ДСЕ из ПКМ и результаты проведенных испытаний на КПЭ РЛ вентилятора из ПКМ, конструктивный облик РЛ вентилятора из ПКМ относительно аналога изменен, а именно:

- изменены углы входа и выхода, хорда, толщины профиля, форма входных кромок по высоте;
- изменена форма замка лопатки. Криволинейный замок изменен на прямолинейный. Увеличена длина замка.

В результате данных конструктивных изменений аэромеханический проект РЛ вентилятора из ПКМ получил следующие характеристики:

- уровень расчетного КПД вентиляторной ступени в пределах ТЗ;
- масса РЛ вентилятора снижена на 22 процента;
- расчётные аэродинамические параметры КНД не ухудшены;
- минимальный запас прочности по расслоению имеет место в корневом сечении на входной кромке и удовлетворяет требованиям норм прочности;
- с учетом испытаний КПЭ замка на МЦУ в РЛ вентилятора напряжения снижены до уровня обеспечивающего усталостную прочность требуемого цикла «Взлет-посадка»;
- отстроена от опасных резонансных режимов в рабочем диапазоне. Кроме того, для РЛ вентилятора выполняется критерий по предотвращению изгибно-крутильных автоколебаний, а именно недопущение сближения собственных частот по изгибной и крутильной формам колебаний в рабочем диапазоне работы двигателя;
- выполнена оптимизация геометрии титановой входной кромки с целью обеспечения прочности при попадании града диаметром 50 мм.

3.2 Технология изготовления

Проведен литературный и патентный анализ вариантов изготовления РЛ вентилятора из ПКМ у конкурента – компании GE. Определены применяемые способы изготовления, материалы, конструктивно-технологические схемы и применяемое оборудование;

Организована кооперация по проведению разработки технологии изготовления РЛ вентилятора ПКМ по препреговой технологии. К работам привлечены все

компании, имеющие опыт работы в данном направлении – ФГБОУ ВО «ПНИПУ», ФГУП «ЦИАМ», ФГУП «ВИАМ», ПАО «НПО «Искра», ПАО «ОДК-Сатурн». На данный момент схема коопeração включает в себя ФГБОУ ВО «ПНИПУ», ФГУП «ЦИАМ», ФГУП «ВИАМ» и ПАО «ОДК-Сатурн».

Организована разработка материалов для изготовления РЛ вентилятора ПКМ. Проведен анализ свойств углепластиков для применения в конструкции РЛ вентилятора ПКМ.

Особенностью препрега для изготовления РЛ вентилятора ПКМ является высокая вязкость разрушения для обеспечения стойкости к попаданию посторонних предметов и птиц, а одной из основных характеристик становится величина сжатия после удара.

Проведен анализ и технологическое опробование различных вариантов технологии изготовления РЛ вентилятора ПКМ из препрега, заключающийся:

- в определении способа выкладки препрега: автоматизированная или ручная выкладка слоёв препрега, автоматизированная выкладка ленты препрега на оборудовании типа Coriolis;
- в определении способа позиционирования слоёв препрега в процессе выкладки;
- в определении метода формования: автоклавное формование с диафрагмой или прессовое (прямое прессование в прессе, прямое упругое прессование в пресс-форме, прямое прессование в болтовой пресс-форме);
- в определении технологических параметров режимов подпрессовок при повышенной температуре под давлением в процессе выкладки;
- определении технологических параметров режима отверждения;
- определении методик контроля физико-химических характеристик материала детали.

Совокупность выбранных методов и способов, в свою очередь, определяют облик специальной технологической оснастки для изготовления РЛ вентилятора из ПКМ.

Для проведения отработки технологии разработана программа технологической отработки, включающая в себя четыре стадии: изготовление образцов для получения базовых ФМХ, изготовление толстостенных технологических пластин для оправления режимов холодной и горячей подпрессовок материала, определения технологического режима отверждения углепластика, получения ФМХ и ФХХ углепластика. При этом, формование толстостенных изделий из углепластика освоено впервые.

По результатам проведённых работ выбрана конструктивно-технологическая схема изготовления РЛ вентилятора из ПКМ с применением закрытой формы и прессового формования.

Проведена технологическая отработка изготовления РЛВ ПКМ по препройной технологии.

Для отработки технологии НОЦ АКТ ПНИПУ под руководством АО «ОДК-Авиадвигатель» разработан комплект технологических документов для каждого этапа технологической отработки. В процессе отработки были решены следующие проблемы, связанные со свойствами и технологией изготовления материала (препрода углепластика):

1) Определение оптимальных параметров «температура-время-давление» режима «горячих» подпрессовок, в результате которых пакет слоев должен быть спрессован до толщины пакета слоев с толщиной монослоя, близкой или равной толщине монослоя отверженного пластика. При этом материал должен сохранить свою жизнеспособность и не перейти в состояние геля, что уже не позволит провести дальнейшее формование детали. Таким образом, для каждой полуматрицы с учетом формы и размера слоев пакеты слоев были разделены на определенное количество групп с n-м количеством слоев в каждой группе.

2) Толщина монослоя материала ввиду технологии изготовления ткани и препрода не стабильна и может колебаться в отверженном пластике. При определённой толщине РЛ вентилятора в замковой части из-за нестабильности монослоя количество слоев препрода может изменяться. Определение количества слоев в схеме армирования РЛ вентилятора осложняется усадкой материала (химическая и физическая) в процессе отверждения, а также значительным влиянием КЛТР углепластика в поперечном направлении в замковой части. В свою очередь, величина КЛТР зависит от степени отверждения материала (чем ниже степень отверждения, тем больше КЛТР). Выявление степени вклада каждой составляющей (химическая, физическая усадка и КЛТР) в общее изменение толщины замковой части в поперечном направлении является отдельной материаловедческой задачей и не может быть доказательно решена в условиях производства. Данная проблема для изготовления РЛ вентилятора была решена опытным путем на толстенных пластинах и КПЭ замка. По результатам откорректирована схема армирования РЛ на экспериментально полученную толщину монослоя и в качестве «компенсационных слоев» (усадка и КЛТР) при совмещении полуматриц в срединную поверхность укладываются дополнительно слои препрода.

3) Проведено моделирование выкроек препрода для позиционирования слоёв в процессе выкладки с помощью системы лазерных проекторов.

4) Формование методом прямого прессования в болтовой пресс-форме – единственный метод, который позволяет обеспечить требуемую геометрию спинки и корыта РЛ вентилятора с заданной точностью. Причем, конструкция оснастки в процессе формования должна обеспечивать распределение давления по нормали по

всей поверхности детали, что было достигнуто применением «составного» пуансона из трёх частей.

В данном случае была проведена серия экспериментальных работ по установлению технологических параметров «температура-время» режима отверждения. На ТТП была определена температура подтяжки болтов при размягчении материала в процессе нагрева.

По результатам отработки определена окончательная технология изготовления прототипа-демонстратора РЛ вентилятора:

- определено общее количество слоев в РЛ вентилятора и количество компенсационных;
 - в каждую полуматрицу с применением лазерных проекторов выкладывается требуемое количество слоев с промежуточными «горячими» подпрессовками в автоклаве;
 - также проводится подпрессовка слоев под вакуумом при температуре цеха;
 - после пятой «горячей» подпрессовки укладываются компенсационные слои;
 - оснастка помещается в печь на режим формования (в 2-а этап);
- Для изготовления РЛ вентилятора ПКМ из препрега организован специализированный участок на базе НОЦ АКТ ПНИПУ, для чего:
- определена необходимая номенклатура и перечень специализированного оборудования, необходимого для изготовления изделия, неразрушающего контроля, контроля геометрии, механической обработки и проч;
 - выполнена разработка проекта и реконструкция помещения с организацией «чистой комнаты», введенная в строй в 2019 году.

3.3 Технологическая подготовка

Для обеспечения технологического процесса получения УП-заготовки РЛ вентилятора из ПКМ выпущена КД и изготовлен необходимый комплект средств технологического оснащения.

Уникальность приспособления для выкладки и формования заключается в трансформации и многофункциональности пуансонов. В сборе на быстросъёмные конические штифты три пуансона с ограничительными периферийными планками обеспечивают ручную выкладку монослоев препрега с последующими подпрессовками вакуумным мешком. При этом, матрица и составной пуансон, как два ложемента, обеспечивают выкладку и вакуумные подпрессовки препрега параллельно. Выложенная в составной пуансон и извлеченная преформа соединяется с преформой в матрице. Каждый из трех пуансонов после разборки формует участок заготовки РЛ вентилятора в оптимальном направлении, исключая смещения слоев углеткани в среде жидкофазного связующего. Смыкание пуансонов с матрицей

методом прямого прессования реализовано затяжкой болтов с одновременным контролем равномерного зазора по разъему.

При конвективном нагреве печи матрица и пуансоны обеспечивают быстрый прогрев и равномерность температурного фронта к границе «форма-препрег». При достаточной жесткости конструкции матрица и пуансоны имеют карманы для крепления теплоизоляционного материала для управления степенью полимеризации связующего в зоне пера на этапе формования.

4 Результаты и практическая значимость выполненных работ

4.1 В результате отработки технологии изготовления (на образцах, КПЭ и технологических РЛ вентилятора) изготовлены РЛ вентилятора из ПКМ для инженерных испытаний, подтверждающих работоспособность данной лопатки.

4.2 Для подтверждения работоспособности РЛ вентилятора в различных условиях работы проведен комплекс испытаний на образцах, так и на натурных РЛ вентилятора из ПКМ.

1) Проведены испытания композитной РЛ вентилятора на вибростенде. В процессе испытаний проводилось пошаговое увеличение нагрузки на лопатку с наработкой на каждом шаге нагружения. По результатам испытаний получены предельные характеристики усталостной прочности для последующего проведения испытаний на двигателе.

2) Для подтверждения возможности постановки РЛ вентилятора из ПКМ на двигатель ПД-14 15.09.2020 в ФАУ «ЦИАМ» на стенде Т14-01Б проведены предварительные разгонные испытания РЛ вентилятора из ПКМ с выходом на 103% от режима «взлет».

В ходе испытаний повышенных вибраций не выявлено. Замечаний к прочности конструкции не выявлено, испытания признаны успешными и лопатки допущены к испытаниям на двигателе.

3) Испытания РЛ вентилятора из ПКМ в составе двигателя ПД-14.

В составе двигатель ПД-14 выполнены сравнительные испытания РЛ вентилятора из ПКМ и полой РЛ вентилятора из ВТ6.

Испытаний РЛ вентилятора из ПКМ и полой РЛ вентилятора из ВТ6 выполнялись в объеме снятия дроссельной характеристики в условиях стенда №1 АО «ОДК-Авиадвигатель» от режима «Малый газ» до «Взлета» (без переменных режимов и бокового обдува) с контрольным тензометрированием РЛ вентилятора из ПКМ в процессе снятия дроссельной характеристики (ДХ).

По результатам испытаний первого и второго этапа получено, что на взлетном режиме РЛ вентилятора из ПКМ подтверждает прогнозируемый рост расхода воздуха

($\Delta G_B \approx +1\% \dots 2\%$) и прогнозируемый прирост по КПД относительно полой РЛ вентилятора из ВТ.

4) Испытания РЛ вентилятора из ПКМ в составе двигателя ПД-14 на открытом стенде ОС-5 АО «ОДК-Авиадвигатель» с самолетным воздухозаборником.

В результате испытаний на открытом стенде в текущих ветровых условиях подтверждено достаточность запасов ГДУ и отсутствие автоколебаний.

Также по результатам тензометрирования на закрытом стенде получена максимальная деформация лопатки до 0,03% и на открытом стенде ОС-5 до 0,094%, максимальный уровень деформаций в лопатках по ТУ 0,1% что не превышает значения предела усталостной прочности.

5) С целью подтверждения требований прочности на удвоенную нагрузку 19.04.2021 в ФАУ «ЦИАМ» на стенде Т14-01Б проведены разгонные испытания РЛ вентилятора из ПКМ в количестве 3 шт. с выходом на 140% от режима «Взлет». Данные испытания считаются успешными

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Отработана методика проектирования РЛ вентилятора из ПКМ, что позволит в дальнейшем проектировать РЛ вентилятора из ПКМ любых габаритов для двигателей гражданского применения.
2. Отработана методика численного моделирования технологии изготовления РЛ вентилятора из ПКМ.
3. Определена конструктивно-технологическая схема создания РЛ вентилятора из ПКМ.
4. Определены критерии/требования к основным материалам для изготовления РЛ вентилятора из ПКМ
5. В соответствии с разработанной конструкторской документации АО «ОДК-Авиадвигатель» с 2019 по 2022 (включительно) в НОЦ АКТ ПНИПУ изготовлено 206 РЛ вентилятора из ПКМ (технологических и годных для инженерных испытаний). Лопатки годные для инженерных испытаний подтвердили правильность численного моделирования и технологического направления (технологии изготовления).



Рисунок 1 –Двигатель ПД-14 с РЛ вентилятора из ПКМ

Сведения о соискателях (информационное сообщение не более 1000 знаков для размещения в каталоге).

Номинация: «За создание новой технологии».

Конкурсная работа: «Разработка технологии создания рабочей лопатки вентилятора из ПКМ для перспективного двигателя».

Селезnev Станислав Олегович,

Начальник отдела «Аэродинамического проектирования компрессоров», АО «ОДК-Авиадвигатель» (г. Пермь).

Образование высшее, в 2009 окончил Пермский государственный технический университет по направлению «Авиа- и ракетостроение», присуждена степень магистра техники и технологии. Стаж работы в отрасли 13 лет, является соавтором работы «Разработка технологии создания рабочей лопатки вентилятора из ПКМ для перспективного двигателя», представленной для участия в конкурсе на соискание премии «Авиастроитель года» в номинации «За создание новой технологии». Личный вклад в данную работу:

- аэродинамическое проектирование РЛ вентилятора из ПКМ с учетом критериев прочности, конструкции и технологии изготовления;
- сопровождение испытаний и обработка результатов испытаний РЛ вентилятора из ПКМ в составе двигателя.

Бессчетнов Вадим Андреевич,

Начальник бригады перспективных методов анализа отдела динамики и прочности АО «ОДК-Авиадвигатель» (г. Пермь).

Образование высшее, в 2003 году окончил магистратуру механико-математического факультета Пермский государственный университете по направлению «Механика твердого деформируемого тела», стаж работы в ОАО «Авиадвигатель» 20 лет. Бессчетнов В.А. является соавтором работы «Разработка технологии создания рабочей лопатки вентилятора из ПКМ для перспективного двигателя», представленной для участия в конкурсе на соискание премии «Авиастроитель года» в номинации «За создание новой технологии». Личный вклад в данную работу:

- разработка методологических подходов прочностных расчетов РЛ вентилятора;
- оптимизация и доводка конструкции РЛ вентилятора для обеспечения статической и динамической прочности данной лопатки.
- сопровождение испытаний и обработка результатов испытаний образцов, КПЭ и РЛ вентилятора из ПКМ на автономных установках и в составе двигателя.

Руденко Дарья Андреевна,

Начальник бригады специальных технологических процессов отделения выходных устройств и мотогондол, АО «ОДК-Авиадвигатель» (г. Пермь).

Образование высшее, окончила в 2009 году Пермский государственный научно-исследовательский университет по специальности «Органическая химия», получила в 2013 году ученую степень кандидат химических наук Новосибирского института органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН. Стаж работы в АО «ОДК-Авиадвигатель» 7 лет. Руденко Д.А. является соавтором работы «Разработка технологии создания рабочей лопатки вентилятора из ПКМ для перспективного двигателя», представленной для участия в конкурсе на соискание премии «Авистроитель года» в номинации «За создание новой технологии». Личный вклад в данную:

- разработка конструктивно-технологической схемы изготовления углепластиковой заготовки РЛ вентилятора из ПКМ;
- разработка требований к специальной технологической оснастке для изготовления углепластиковой заготовки РЛ вентилятора из ПКМ;
- разработка требований к ПКМ и организация работ по разработке и исследованию свойств перспективных ПКМ для изготовления РЛ вентилятора;
- разработка и сопровождение отработки технологических режимов изготовления углепластиковой заготовки РЛ вентилятора из ПКМ;
- определение методов и организация разработки методик технологического контроля свойств материала углепластиковой заготовки РЛ вентилятора из ПКМ в процессе изготовления;
- внедрение методов термического анализа для технологического и выходного контроля изготовления углепластиковой заготовки РЛ вентилятора из ПКМ, организация создания лаборатории комплексного термического анализа в АО «ОДК-Авиадвигатель».

Мазунин Вадим Николаевич,

Начальник бригады по деталям и сборочным единицам из полимерных композиционных материалов, АО «ОДК-Авиадвигатель» (г. Пермь).

Образование высшее, окончил в 2011 году Пермский государственный технический университет по специальности «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов», стаж работы в АО «ОДК-Авиадвигатель» 12 лет. Мазунин В.Н.. является соавтором работы «Разработка технологии создания рабочей лопатки вентилятора из ПКМ для перспективного двигателя», представленной для