



# ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Кафедра сопротивления материалов (СМ)

## **Лаборатория механики, проектирования и технологии изготовления изделий из композиционных материалов**

# Перечень перспективных тематик / направлений работ, которые может вести подразделение:



- 1 **Определение физико-механических характеристик** (см. приложение 2) полимерных и композиционных материалов, а также эластомеров (резин);
- 2 **Расчеты на прочность, жесткость, виброустойчивость, длительную прочность элементов конструкций из полимерных и композиционных материалов на основе послойного анализа напряженно-деформированного состояния;**
- 3 **Исследование механических свойств, полимерных и композиционных материалов и элементов конструкций, а также эластомеров (резин) при пониженных, нормальных и повышенных температурах;**
- 4 **Исследование влияния теплосмен по заданному циклу на механические свойства и длительную прочность, полимерных и композиционных материалов и элементов конструкций, а также эластомеров (резин);**
- 5 **Исследование прочности и жесткости соединений композиционных материалов и соединений типа «металл/композит»;**

## Перечень перспективных тематик / направлений работ, которые может вести подразделение:



- 6 Исследование **влияния структуры** многослойных композитов на **напряженно-деформированное состояние** элементов конструкций из них;
- 7 **Разработка структур** слоистых композитов для стержневых элементов для получения **заданного деформационного и напряженного состояний**;
- 8 Исследования физико-механических свойств и расчет на прочность и жесткость **гибридных** композиционных материалов и элементов конструкций из них;
- 9 Подготовка, переподготовка и **повышение квалификации** инженерно-технических кадров в области проектирования, механики и технологии изготовления изделий из полимерных и композиционных материалов;
- 10 Определение **теплофизических характеристик** полимерных и композиционных материалов;
- 11 Определение **влияния** технологических параметров **формования** изделий из полимерных и композиционных материалов на их **физико-механические свойства**;

## Перечень оборудования, на котором выполняются работы в подразделении:



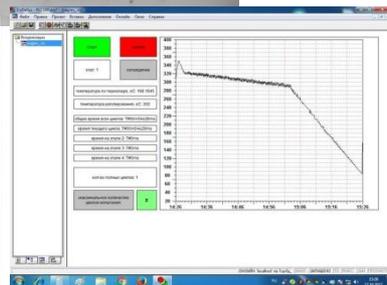
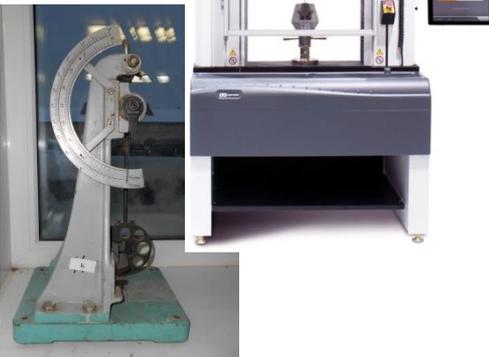
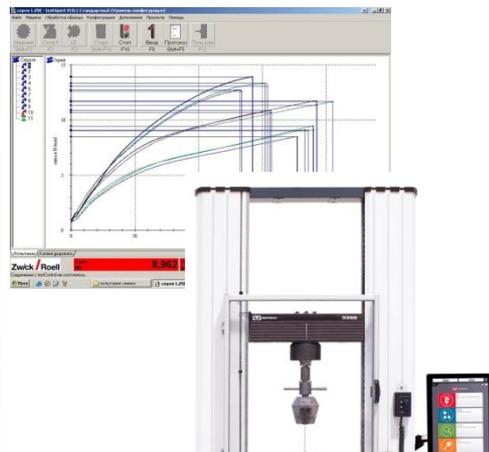
- Универсальная испытательная машина с компьютерным управлением **Instron 3382** (Германия) (максимальное усилие – **100 кН**);
- Универсальная испытательная машина с компьютерным управлением **Zwick Roell Z010** (Германия) (максимальное усилие – **10 кН**);
- Универсальная испытательная машина **FP-10** (Германия) (максимальное усилие – **10 кН**);
- Установка для испытаний на изгиб **AS-102** (Венгрия) (максимальное усилие – **2,5кН**);
- Установка для испытаний эластомеров на растяжение и сжатие **ZM-10** (Германия) (максимальное усилие – **100 Н**);
- Универсальные **рычажные** испытательные машины со ступенчатым нагружением (максимальное усилие – **5 кН**);
- Ударные **маятниковые копры** (2 шт) для испытаний на ударную вязкость (предельная работа разрушения **15 Дж** и **1 Дж** соответственно);
- Ручной механический **пресс** для испытаний на сжатие и для формования изделий из полимерных и композиционных материалов (максимальное усилие – **50 кН**);

## Перечень оборудования, на котором выполняются работы в подразделении:



- Модернизированная печь **SEVERIN** для температурных испытаний (максимальная температура – **350°C**);
- Тензометрические станции **ТА-5** и **8АНЧ-23** для регистрирования показаний тензодатчиков при механических испытаниях;
- Комплект **реверсоров** для испытаний на сжатие, изгиб и растяжение при высоких температурах;
- Программный комплекс **ANSYS** с модулем **ANSYS Composite Prepost** для конечно-элементного моделирования напряженно-деформированного состояния изделий из полимерных и композиционных материалов;
- Установка для **термоциклических испытаний** в диапазоне температур от **20** до **350°C** по заданному циклу на базе программируемого логического контроллера **ОВЕН ПЛК-100**;
- Муфельная печь мощностью **2,6 кВт** (максимальная температура – **700°C**);

# Перечень оборудования, на котором выполняются работы в подразделении:



## Краткое описание ведущихся работ и ожидаемые результаты:



- В данный момент ведутся работы по выявлению **влияния 3D армирования** слоистых углепластиков на их **физико-механические характеристики** (модули упругости вдоль волокон, поперек волокон, модули внутрислойного и межслойного сдвигов, продольно-поперечные коэффициенты Пуассона, прочности при растяжении, сжатии, изгибе, межслойном и внутрислойном сдвиге) в диапазоне температур от **20** до **350°C**, а также **влияния теплосмен** на механические характеристики КМ с **прошивкой** (3D армированием). В результате исследований будет выявлено влияние 3D армирования на мех. свойства композитов, теоретически определены наиболее благоприятные параметры прошивки, обеспечивающие максимальную реализацию жесткостных и прочностных характеристик композита, установлено влияние теплосмен на деградацию свойств композитов с 3D армированием;

## Краткое описание ведущихся работ и ожидаемые результаты:



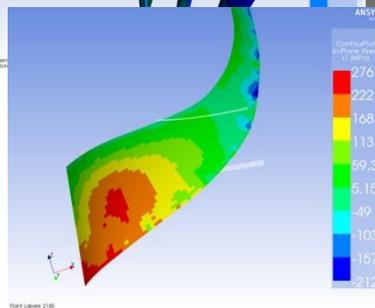
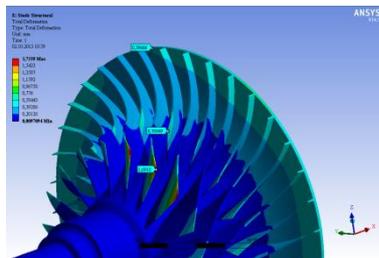
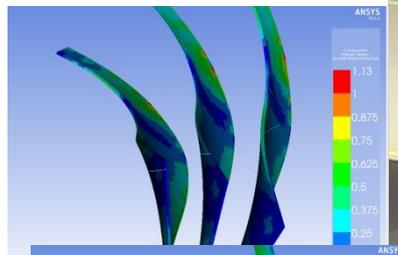
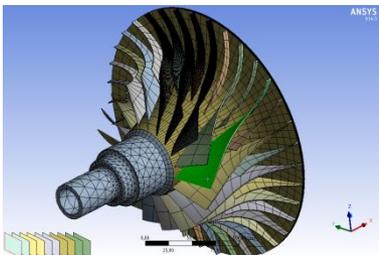
- - Также в данный момент ведутся работы в рамках гранта АН РБ «**Разработка теоретических основ создания адаптивных композиционных материалов**». Основными задачами являются:
  - 1) **разработка теоретических основ создания адаптивных структур** волокнистых композиционных материалов на полимерных матрицах при различных видах действующих нагрузок;
  - 2) **установление фундаментальных закономерностей** для обеспечения **прочности и жесткости** элементов конструкций из слоистых композиционных материалов от структурных и эксплуатационных факторов;
  - 3) **оптимизация структуры** слоистых композиционных материалов с целью обеспечения их наибольшей эффективности в конструкциях по удельным показателям.
  - Полученные в работе результаты позволят разрабатывать композитные материалы с адаптивной структурой, подстраивающиеся с учетом действующих нагрузок и температурных полей.



## Опыт выполнения аналогичных работ подразделением:

- В 2010-2012 годах проведены работы в рамках гранта Министерства образования и науки РФ по теме: АД-АД-06.11 КФ – «Повышение надёжности и ресурса ГТД транспортных средств, эксплуатирующихся в условиях запылённой атмосферы и морской среды»;
- С 2013 года по настоящее время ведутся совместные работы сотрудников кафедры СМ ФГБОУ ВО «УГАТУ» и ОАО «НИИТ» (г. Уфа) по расчету, проектированию и изготовлению рабочего колеса центробежного компрессора из композиционных материалов для АО «ОДК–Климов» (г. Санкт-Петербург). В лабораториях кафедры ведутся работы по расчетам колеса центробежного компрессора на прочность и жесткость в системе конечно-элементного моделирования **ANSYS Workbench** с использованием модуля **ANSYS Composite Prepost**, а также проводятся механические испытания образцов из композитного материала при нормальной и повышенной температуре. В результате проведенных исследований, вес разработанного композитного компрессора составил **3,5 кг**, что более чем в два раза меньше по сравнению с применяемым в настоящее время титановым колесом (**7,5 кг**). В данный момент ведутся работы по исследованию влияния теплосмен на физико-механические свойства материала рабочего колеса центробежного компрессора;

# Опыт выполнения аналогичных работ подразделением:

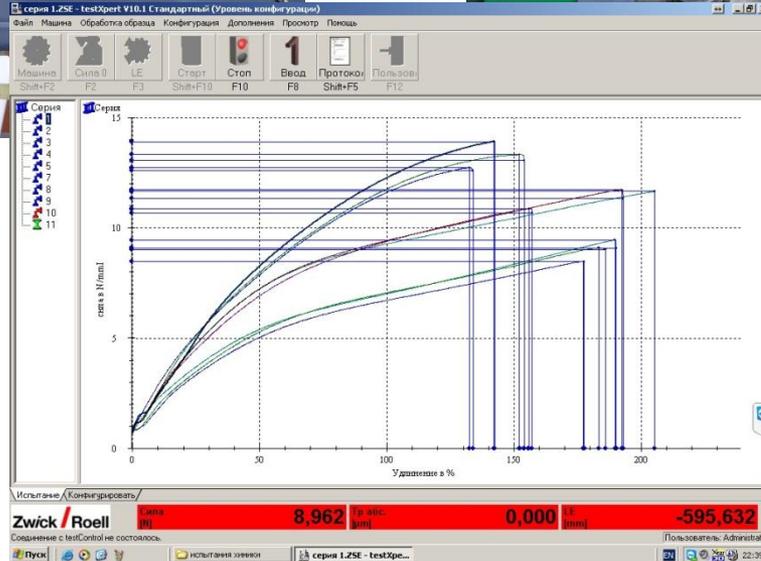




## Опыт выполнения аналогичных работ подразделением:

- В 2017 году проведены научные исследования **влияния ингибиторов коррозии (реагентов) на упругие и прочностные свойства эластомерных образцов различных составов для АО «Опытный завод Нефтехим»**. Были изготовлены образцы из эластомеров, которые испытывались без выдержки в реагентах, после выдержки в течении 14 и 28 суток соответственно. Определены следующие характеристики: модули упругости при удлинении 50% и 100% соответственно, относительное удлинение при разрыве, предел прочности при растяжении. Представлены диаграммы деформирования и выводы об изменении исследуемых характеристик в зависимости от времени выдержки образцов в реагентах;
- С 2017 года ведутся работы в рамках гранта **АН РБ «Разработка теоретических основ создания адаптивных композиционных материалов»**, руководитель темы - д.т.н., профессор, заведующий кафедрой сопротивления материалов **Жернаков В.С.**;

# Опыт выполнения аналогичных работ подразделением:





# Перечень возможных направлений совместной работы УГАТУ и производственных предприятий (на примере КумАПП) в области проектирования и технологии изготовления изделий из композиционных материалов (КМ):



- 1        **Задачи по проектированию и расчету** напряженно-деформированного состояния (расчеты на **прочность и жесткость**) изделий из композитов:
  - 1.1        **Прогнозирование упругих и прочностных свойств** однонаправленного слоя по известным механическим характеристикам компонентов композита;
  - 1.2        **Определение** необходимой **структуры** слоистого композита на основе анализа **полей эксплуатационных нагрузок**, действующих на изделия из КМ;
  - 1.3        **Расчет напряженно-деформированного состояния (НДС)** изделий из КМ под действием заданных нагрузок, **послойный анализ НДС** с определением **коэффициента запаса прочности** как отдельных слоев, так и всего изделия в целом;
  - 1.4        **Оптимизация структуры** укладки слоев в соответствии с **заданными критериями** (по **напряженному состоянию**, т.е. по **запасу прочности**, по **деформированному состоянию**);
  - 1.5        **Разработка «адаптивных» конструкций** из КМ, которые принимают **требуемое деформированное состояние** под действием внешних нагрузок (например, лопатки компрессора, лонжероны лопастей вертолета и т.д.);



## Перечень возможных направлений совместной работы УГАТУ и производственных предприятий (на примере КумАПП) в области проектирования и технологии изготовления изделий из композиционных материалов (КМ):



2 Задачи по экспериментальной проверке качества полученных композитов (механические испытания, микроструктурные и рентгенографические исследования):

2.1 **Механические испытания** композитных образцов и изделий с целью определения их упругих, прочностных, теплофизических, реологических и других свойств;

2.2 **Микроструктурные исследования** с целью определения соответствия реальных технологических параметров композитов заданным: коэффициента армирования, структуры укладки, объемного содержания пор, коэффициента полноты пропитки, степени искривленности и поврежденности волокон и т.д.;

2.3 **Рентгенографические исследования** образцов и изделий из композитов с целью выявления случайных дефектов и дефектов технологии с целью отработки правильных технологических режимов формования изделий из КМ;



## Перечень возможных направлений совместной работы УГАТУ и производственных предприятий (на примере КумАПП) в области проектирования и технологии изготовления изделий из композиционных материалов (КМ):



### 3 Задачи технологического характера:

3.1 **Подбор связующих и армирующих** компонентов композита исходя из предъявляемых к изделию требований и эксплуатационных нагрузок;

3.2 **Определение основных технологических параметров** (температура, давление, время выдержки) **формования** изделий из КМ для обеспечения **высоких механических свойств** композитов;

3.3 **Изготовление опытных образцов** из заданных композитов с целью проведения **механических испытаний**;

3.4 **Подбор режимов термической обработки** для **повышения** комплекса физико-механических **свойств** композитов (например, карбонизация полимерных связующих).



# Перечень возможных направлений совместной работы УГАТУ и производственных предприятий (на примере КумАПП) в области проектирования и технологии изготовления изделий из композиционных материалов (КМ):



4 Задачи по **переподготовке и повышению квалификации** инженерно-конструкторских и инженерно-технических кадров в области механики, проектирования и технологии изготовления изделий из композиционных материалов:

4.1 **Основы механики, проектирования и технологии изготовления** изделий из КМ;

4.2 **Основы конечно-элементного моделирования** изделий из композиционных материалов;

4.3 **Особенности моделирования и расчета на прочность и жесткость** композитных конструкций сложной формы (**лопатки компрессоров, лопасти вентиляторов, лонжероны несущих винтов вертолетов** и т.д.);

4.4 **Создание комплексных моделей сборки** металлических, неметаллических и композиционных деталей, **совместный анализ напряженно-деформированного состояния** элементов сборки;

4.5 **Конечно-элементная оптимизация структуры** композиционных материалов для обеспечения наиболее благоприятных **параметров работоспособности** композитной конструкции;

4.6 **Основы трехмерного и конечно-элементного моделирования** в современных CAD/CAE системах (**Ansys, Unigraphics NX, Компас, Autocad, Autodesk Inventor, Solidworks** и др.).

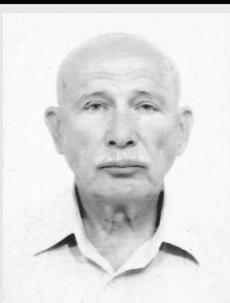
## Сотрудники лаборатории механики композиционных материалов и конструкций:



**Перушин Юрий Сергеевич**, руководитель лаборатории механики композиционных материалов и конструкций, доктор технических наук, профессор кафедры сопротивления материалов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет», 450008, республика Башкортостан, г.Уфа, ул. Карла Маркса, д.12, 8(347)272-43-31, **pcomposit@mail.ru**, **8-919-605-25-12**. Сфера научных интересов: исследования в области механики и термомеханики композиционных материалов.



**Соловьев Павел Владимирович**, младший научный сотрудник лаборатории механики композиционных материалов и конструкций, кандидат технических наук, доцент кафедры материаловедения и физики металлов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет», 450008, республика Башкортостан, г.Уфа, ул. Карла Маркса, д.12, 8(347)272-43-31, **paulnightingale@mail.ru**, **8-965-928-48-59**. Сфера научных интересов: исследования в области механики и технологии изготовления изделий из композиционных материалов.



**Зильбан Георгий Михайлович**, заведующий лабораторией механики композиционных материалов и конструкций кафедры сопротивления материалов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет», 450008, республика Башкортостан, г.Уфа, ул. Карла Маркса, д.12, 8(347)272-43-31, **zilban\_georg@mail.ru**, **8-917-42-61-715**. Сфера научных интересов: исследования в области механики и высокотемпературных испытаний изделий из композиционных материалов.