

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АВИАКОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Кепман Алексей Валерьевич

alexkep@inumit.ru

*к.х.н., ведущий научный сотрудник кафедры химической технологии и новых материалов Химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова
Зам. Генерального директора ЗАО «ИНУМиТ»*

БИЗНЕС НАПРАВЛЕНИЯ

СТРУКТУРА ГРУППЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КОМПАНИЙ



ОБЩАЯ СТРУКТУРА

<p>Каф-ра хим. технологии и новых материалов</p> 	<p>МГУ имени М.В. Ломоносова</p>	<p>Фундаментальные исследования</p>
<p>Институт новых углеродных материалов и технологий</p> 	<p>ЗАО, владельцы: Унихимтек, МГУ</p>	<p>Прикладные исследования, инжиниринг, разработка и производство новых материалов</p>
<p>УНИХИМТЕК</p> 	<p>Группа компаний</p>	<p>Производство и продажа материалов</p>

Технологические направления МГУ имени М.В.Ломоносова – ИНУМИТ – НПО «УНИХИМТЕК»

Промышленный выпуск

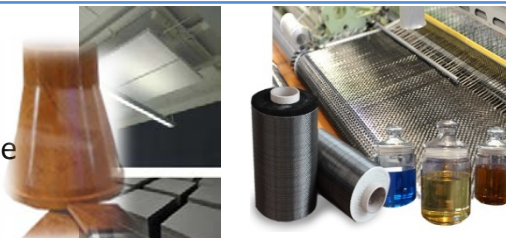
- Огнезащитные материалы



- Уплотнительные материалы

Начато производство и поставки

- Теплопроводящие материалы
- Теплозащитные полимерные и углеродные материалы на основе дискретных волокон



- Термостойкие связующие, углеродные ткани
- Материалы и системы для композитной оснастки

Внедряется в производство

- Высокотемпературные связующие с температурой эксплуатации до 450 °С
- Теплоизоляционные материалы



- Сверхлегкие пеноматериалы
- Гибридные материалы

Перспективные разработки

- Волоконные материалы
- Керамические высокотемпературные материалы
- Антикоррозионные, антифрикционные, антиадгезионные материалы



- Компонентная химия
- Композиты на основе пековых волокон
- Углеродные материалы для суперконденсаторов
- Газоразделительные материалы и системы

Институт новых углеродных материалов и технологий

Более 15 лет научных разработок и производства

- Основан в 2003 году
- 100 человек высококвалифицированного персонала, в том числе 20 – с ученой степенью
- Научная база: МГУ им. М.В. Ломоносова, Химический факультет, Кафедра химической технологии и новых материалов.
- 40 патентов, относящихся к композитной отрасли
- Собственные производственные линии
- Призер инновационных и инвестиционных выставок



Всемирно известные частные и государственные клиенты и партнеры

- Космос и авиация
- Материалы
- Индустрия



Основные направления работ

- Разработка высокотемпературных полимерных матриц (Эпоксидные, БМИ, полиимидные)
- Разработка материалов для высокотемпературной вакуумной инфузии и RTM
- Измерение свойств полимерных матриц и ПКМ
- Разработка технологии производства изделий из углепластика, прототипирование
- Разработка оборудования для производства материалов и изделий из ПКМ
- Моделирование технологических процессов производства изделий из ПКМ
- Разработка конструкторской документации и производство композитной оснастки
- Математическое моделирование процесса коробления изделий из ПКМ
- Обучение и повышение квалификации персонала заказчика (чтение лекций, обучающие курсы).



Основные направления работ

- Производство углеродных тканей
- Производство высокотемпературных полимерных матриц (Эпоксидные, БМИ, полиимидные, фталонитрилы)
- Производство жидких смол для высокотемпературной вакуумной инфузии и RTM
- Производство препрегов
- Производство клеев и адгезивов



История сотрудничества с госкорпорацией «Роскосмос»



2012 год – начало взаимодействия, обсуждение возможных тематик

2014-2015 выполнен договор «Разработка углеродных препрегов и пленочных клеев для термостойких трехслойных композитных конструкций. Разработка технических условий на материалы. Поставка опытных партий материалов» по заказу РКК «Энергия»

2015-2016 выполнен договор «Создание технологического оборудования для изготовления конструкций из полимерных композиционных материалов» по заказу «ИСС им. Решетнева»

2017 начато применение разработанных материалов для производства композитных деталей нового пилотируемого корабля «Федерация», планируется заключение договора с РКК «Энергия» на производство композитной оснастки для корабля «Федерация» и разработки материала для командного отсека; заключается договор с «ИСС им. Решетнева» по теме «Создание конструкционных полимерных материалов с контролируемо изменяемыми геометрическими характеристиками для создания реконфигурируемых конструкций перспективных космических аппаратов»

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ОАО «ОРК»


И.А. Комаров
« 14.11.2014г. »
М.П.

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Московского государственного
университета имени М.В.Ломоносова


В.А. Садовничий
« 14.11.2014г. »

ПРОТОКОЛ СОВЕЩАНИЯ

г.Москва, Ленинские горы д.1, стр.11
26 ноября 2014-12-22

Присутствовали:

От ОАО «ОРК»	От «ОАО «ИСС»	От ОАО НПО «РКК «Энергия»	От МГУ
Денисова У.Ю.	Халиманович В.И. Видков Ю.В.	Чернышевский А.Г. Давыдов Д.Я.	Аллеев В.В. Малахов А.П. Кельман А.В.

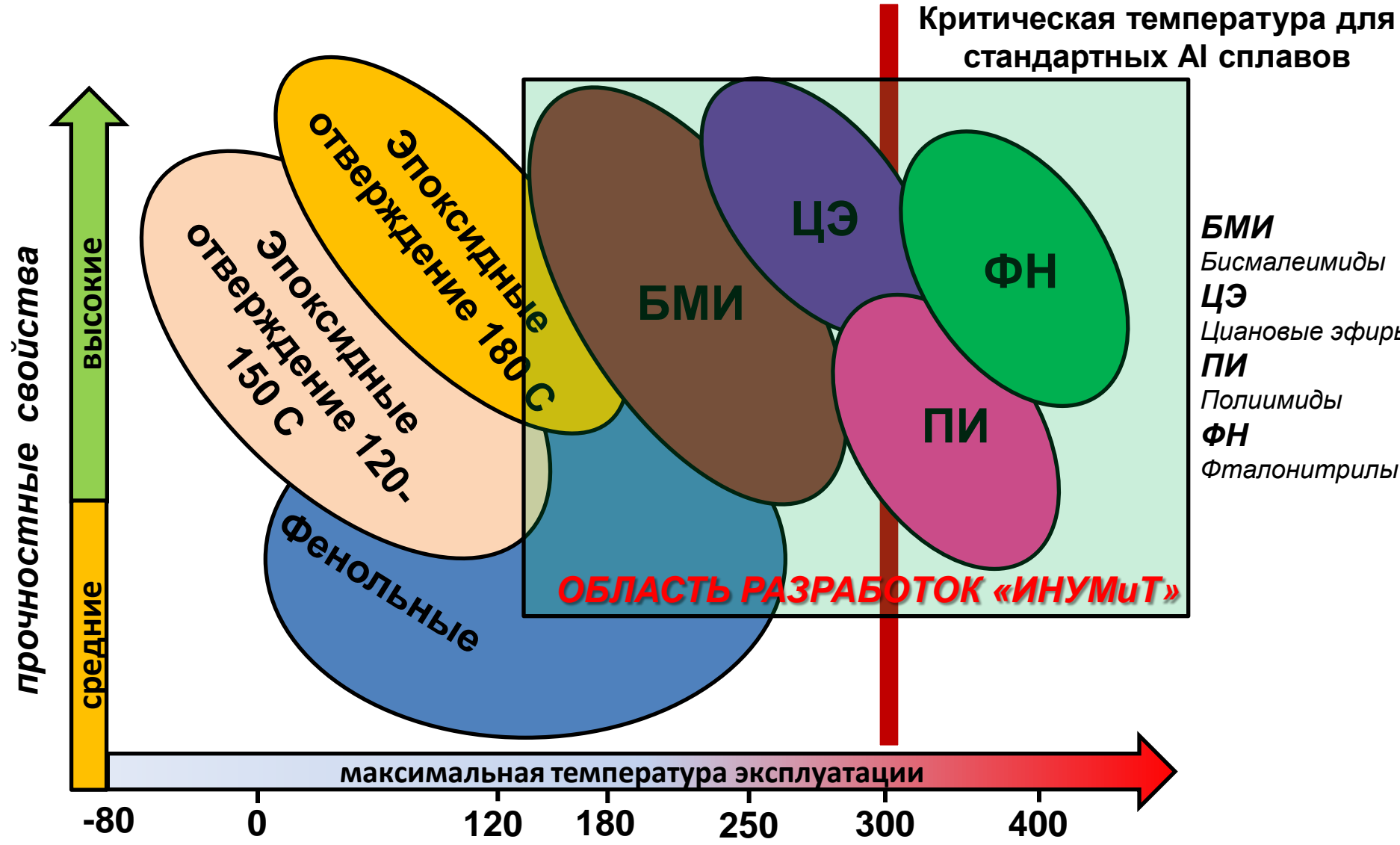
Повестка дня:

- Обсуждение направлений сотрудничества предприятий ОАО «ОРК» и МГУ имени М.В.Ломоносова.
- Представление разработок специалистов МГУ имени М.В.Ломоносова в области композиционных материалов.
- Обсуждение технических требований к материалам и конструкциям из КМ.

**Протокол Совещания от
26 сентября 2014г.**

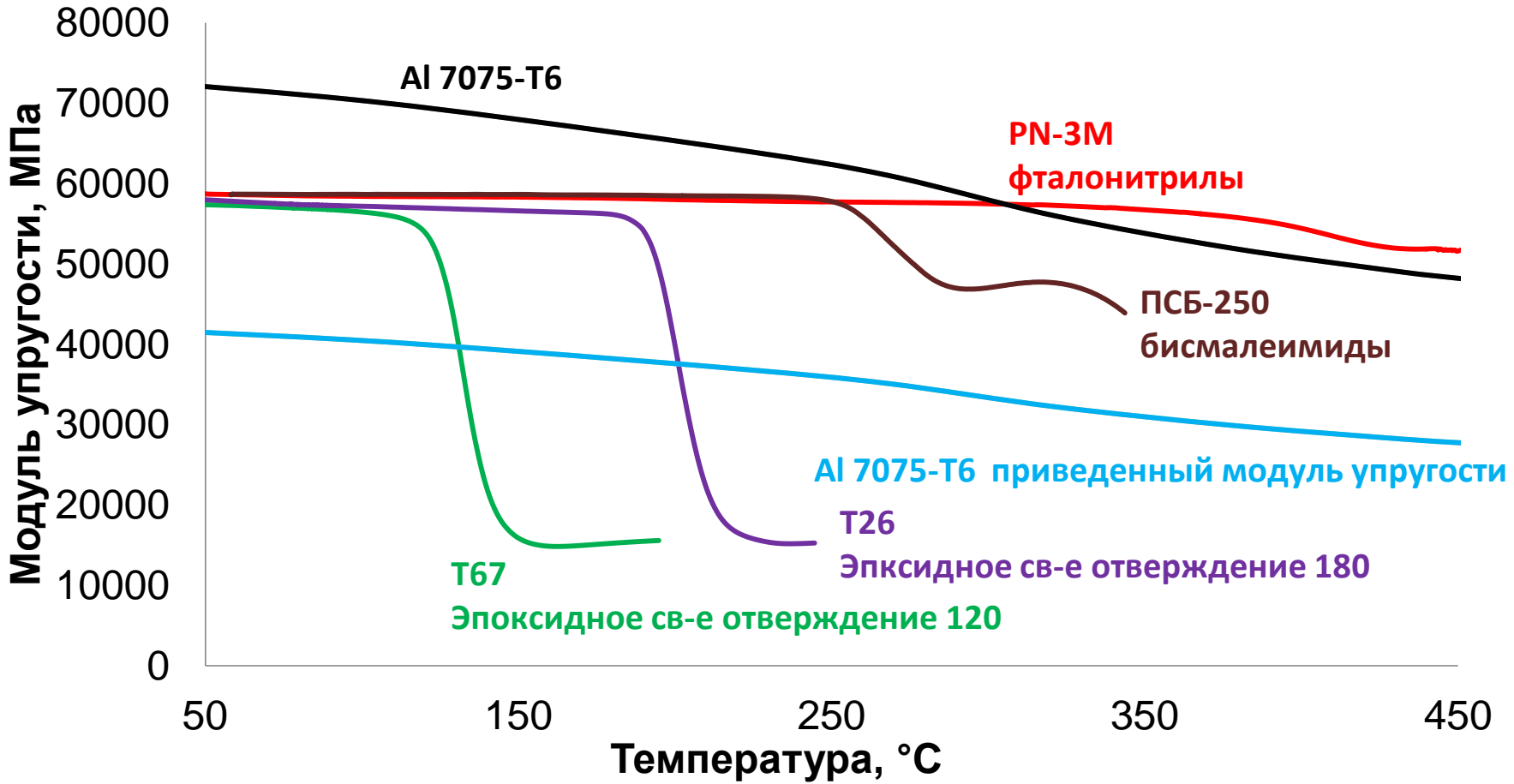
ПОЛИМЕРНЫЕ СВЯЗУЮЩИЕ

ТЕРМОРЕАКТИВНЫЕ МАТРИЦЫ



ПОЛИМЕРНЫЕ СВЯЗУЮЩИЕ

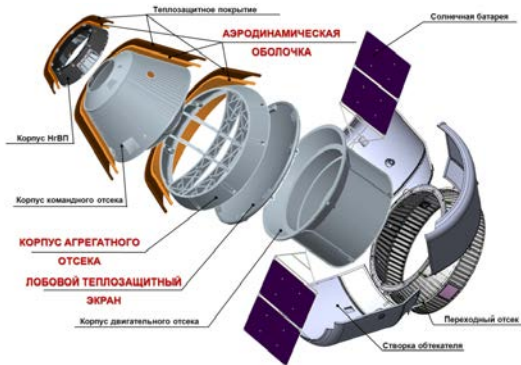
ТЕРМОРЕАКТИВНЫЕ МАТРИЦЫ



Научно-технический задел

Опыт внедрения разработок

ПРОЕКТ ПТК НП «ФЕДЕРАЦИЯ»



комплекс бисмалеимидных материалов и материалов для композитной оснастки

ПРОЕКТ МС-21



комплекс материалов для композитной оснастки

БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ

Проект «Орион»
Вес – 1,5 тонны



КТ ГРУППА
КРОНШТАДТ

комплекс материалов для вакуумной инфузии и композитной оснастки

Проект «Охотник»
Вес - 25 тонн



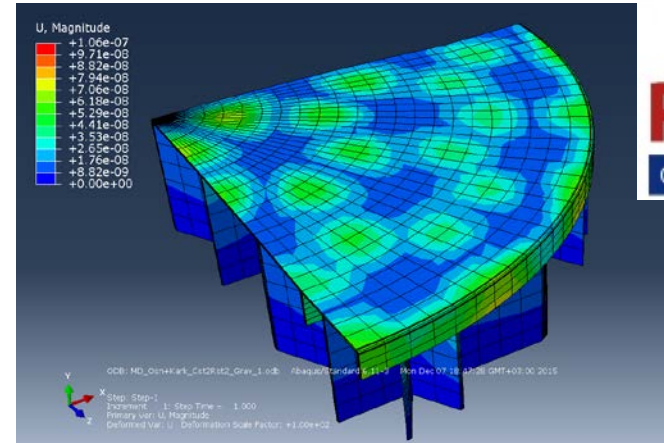
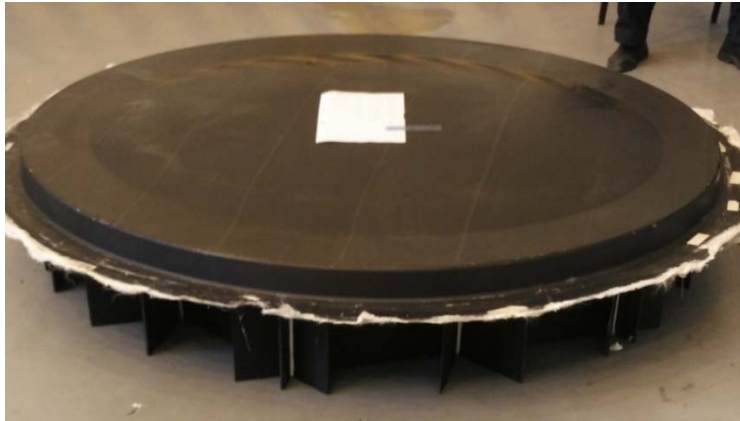
SUKHOI

АэроКомпозит
Закрытое Акционерное Общество

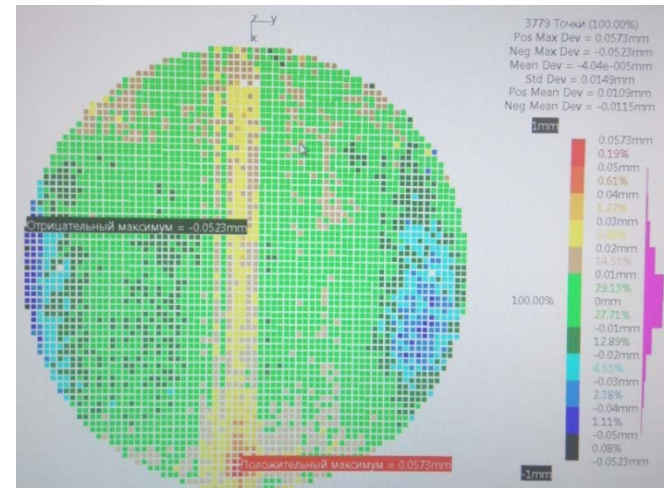
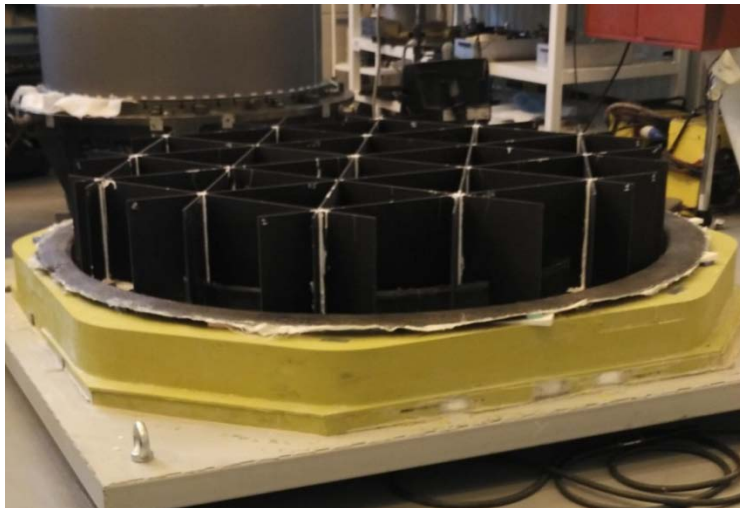
комплекс материалов для вакуумной инфузии, композитной оснастки и препрегов

Релизованный проект по заказу «ИСС»

Высокоточная оснастка для рефлектора антенны

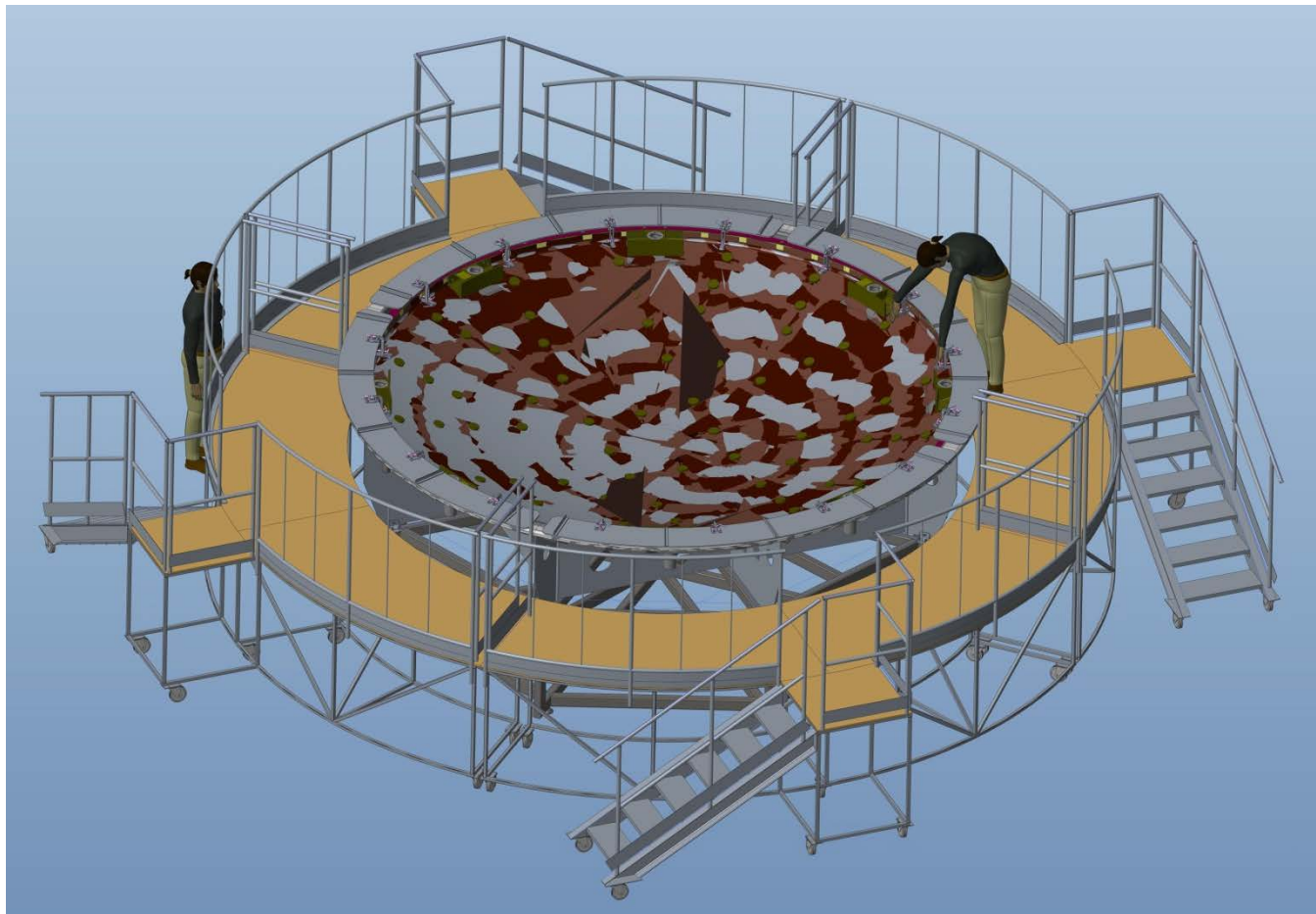


РЕШЕТНЕВ
СОЦИАЛЬНАЯ ГРУППА



РЕАЛИЗУЕМЫЙ ПРОЕКТ ПО ЗАКАЗУ «РКК «ЭНЕРГИЯ»

Оснастка для каркаса лобового теплозащитного экрана

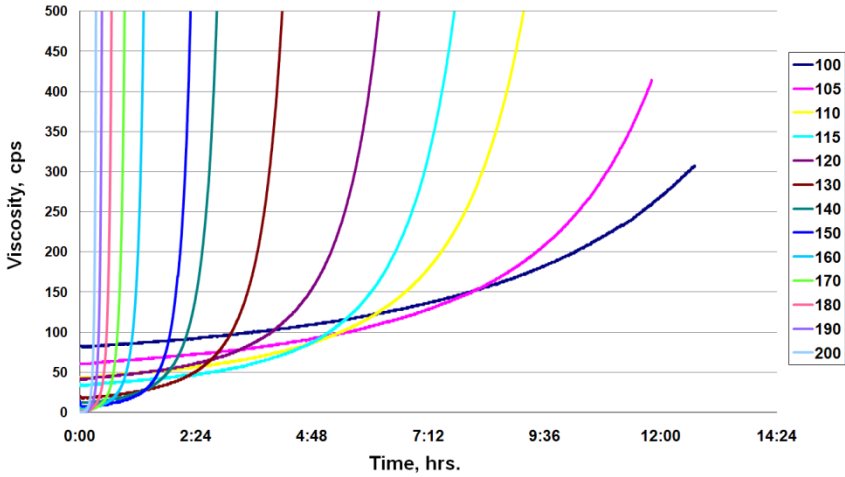


КОМПЛЕКС МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВАКУУМНОЙ ИНФУЗИИ

Инфузионное связующее “Т26” (ТУ 2257-017-59846689-2015)

Зарубежный аналог: RTM6, PRISM

Температура стеклования 205 °C



КОМПЛЕКС МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВАКУУМНОЙ ИНФУЗИИ

Оборудование для производства армирующих наполнителей для вакуумной инфузии
Проект реализуется по заказу ЗАО «АэроКомпозит»



КОМПЛЕКС МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БМИ СВЯЗУЮЩИХ

Температура стеклования 270 °С (ТУ 1916-021-59846689-2015)

связующее	Сусот 5250-4	ПСБ 250
Наполнитель	IM7, 5,15 ГПа	HTS, 4,3 ГПа
Тип препрега	UD	UD
Температура стеклования T _g	294	280
Предел прочности при растяжении в направлении 0° σ_{11}^+ , МПа	2618	2366
Предел прочности при сжатии в направлении 0° σ_{11}^- , МПа	1620	1566
Предел прочности при растяжении в направлении 90° σ_{22}^+ , Мпа	66	71
Предел прочности при сжатии в направлении 90° σ_{22}^- , Мпа	248	263
Модуль упругости при растяжении в направлении 0° E ₁₁ ⁺ , ГПа	162	137
Предел прочности при сдвиге τ_{12} , МПа	103	105
Предел прочности при сдвиге τ_{13} , МПа	139	112
Сжатие после удара (CAI), МПа	214	180



**ПРЕПРЕГ + ПЛЕНОЧНЫЙ КЛЕЙ +
ВСПЕНИВАЮЩИЙСЯ СОТОЗАПОЛНИТЕЛЬ**



АВТОКЛАВНЫЕ ПРЕПРЕГИ

Эпоксидный препрег «Т107»

**Зарубежный аналог: HexPly 8552 (Hexcel),
Сусот 977-2 (Cytec)
Температура стеклования 175 °С**

Свойства полимерной матрицы

Предел прочности при растяжении, МПа	ASTM D638	91
Предел прочности при изгибе, МПа	ASTM D790	190
Температура стеклования T _g , °С	ASTM D3418	185
Трещиностойкость G _{IC} , Дж/м ²	ASTM D5045	922
Трещиностойкость K _{IC} , МПа*м ^{1/2}	ASTM D5045	1,847

Свойства ПКМ

Армирующий наполнитель: углеродная ткань 22502 саржа 2x2 200г/м² волокно HTA40

		25°С	120°С	150°С
Предел прочности при сжатии 0° σ_{11}^- , МПа	ASTM D6641	783	623	
Модуль упругости при сжатии 0° E_{11}^- , ГПа	ASTM D695	62		
Предел прочности при растяжении 0° σ_{11}^+ , МПа	ASTM D3039	904		
Модуль упругости при растяжении 0° E_{11}^+ , ГПа	ASTM D3039	62		
Предел прочности при сдвиге τ_{12} макс., МПа	ASTM D3518	126		
Модуль упругости при сдвиге G ₁₂ , ГПа	ASTM D3518	4,8		
Предел прочности при сдвиге τ_{13} , МПа	ASTM D2344	84	66	57
Сжатие после удара 6,67Дж/мм, МПа	ASTM D7137	260		

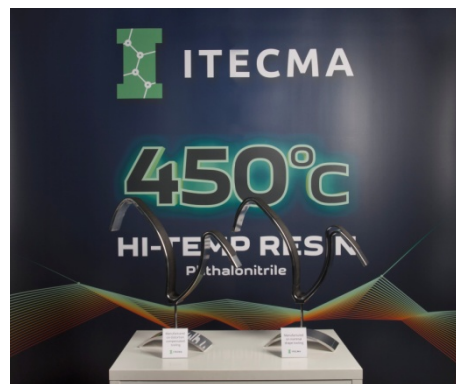
СВЯЗУЮЩИЕ НА ОСНОВЕ ФТАЛОНИТРИЛЬНЫХ СМОЛ (ПКМ с Т эксплуатации до 350 °С)

Фталонитрильное связующее **PN-3M**

Основные преимущества и характеристики

- Однокомпонентное связующее;
- Высокая температура стеклования 425°C;
- Температура начала разложения 520°C;
- Низкое влагонасыщение;
- Температура размягчения неотвержденного связующего менее 80°C
- Негорючее (кислородный индекс >80)

**РАЗРАБОТАННЫЙ СПОСОБ МОДИФИКАЦИИ
ВПЕРВЫЕ В МИРЕ ПОЗВОЛЯЕТ ПОЛУЧАТЬ
СВЯЗУЮЩИЕ, КОТОРЫЕ МОГУТ
ПЕРЕРАБАТЫВАТЬСЯ В ИЗДЕЛИЯ С
ТЕМПЕРАТУРАМИ ЭКСПЛУАТАЦИИ 350-400 °С
ПО ТЕХНОЛОГИИ ВАКУУМНОЙ ИНФУЗИИ, RTM,
ФОРМОВАНИЯ ПРЕПРЕГОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ
СТАНДАРТНЫХ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ**



JECworld
Paris 14.03. - 16.03.2017

Поставлены опытные образцы



Получены запросы



ПРОИЗВОДСТВО УГЛЕРОДНЫХ ТКАНЕЙ

ВОЗМОЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ

ткацкий станок общей производительностью до 20 т/год

- Ширина полотна до 1500 мм
- Возможность изготовления аналогов отечественных лент УОЛ и тканей УТ
- Возможность изготовления аналогов импортных материалов, например, компании ПОРШЕР



ТИП	нить основы	нить утка	текс основы/утка	ширина, мм	плотность по основе/утку	тип ткани	пов. плотность г/м ²	Волокно тип/прочность/модуль
22702	УВ 3К	УВ 3К	200/200	1000-1500	7/7	саржа 2x2	280	НТА (Toho)/3,95 ГПа/ 238 ГПа
22702	УВ 3К	УВ 3К	200/200	1000-1500	7/7	саржа 2x2	280	ТС 35 (Formosa)/4 ГПа/240 ГПа
22703	УВ 3К	УВ 3К	200/200	1000-1500	7/7	саржа 4x4	280	НТА (Toho)/3,95 ГПа/ 238 ГПа
22703	УВ 3К	УВ 3К	200/200	1000-1500	7/7	саржа 4x4	280	ТС 35 (Formosa)/4 ГПа/240 ГПа
22632	УВ 3К	УВ 3К	200/200	1000-1500	6,3/6,3	саржа 2x2	252	НТА (Toho)/3,95 ГПа/ 238 ГПа
24362	УВ 12К	УВ 12К	800/800	1000-1500	3,6/3,6	саржа 2x2	576	ТС 35 (Formosa)/4 ГПа/240 ГПа
24241	УВ 12К	УВ 12К	800/800	1000-1500	2,4/2,4	полотно	384	ТС 35 (Formosa)/4 ГПа/240 ГПа
24252	УВ 12К	УВ 12К	800/800	1000-1500	2,5/2,5	саржа 2x2	400	ТС 35 (Formosa)/4 ГПа/240 ГПа
24251	УВ 12К	УВ 12К	800/800	1000-1500	2,5/2,5	полотно	400	ТС 35 (Formosa)/4 ГПа/240 ГПа
25241	УВ 24К	УВ 24К	830/830	1000-1500	2,4/2,4	полотно	400	IMS 65 (Toho)/6 ГПа/290 ГПа
22502	УВ 3К	УВ 3К	200/200	1000-1500	5/5	саржа 2x2	200	НТА (Toho)/3,95 ГПа/ 238 ГПа
22502	УВ 3К	УВ 3К	200/200	1000-1500	5/5	саржа 2x2	200	ТС 35 (Formosa)/4 ГПа/240 ГПа
22501	УВ 3К	УВ 3К	200/200	1000-1500	5/5	полотно	200	НТА (Toho)/3,95 ГПа/ 238 ГПа
22402	УВ 3К	УВ 3К	200/200	1000-1500	4/4	саржа 2x2	160	НТА (Toho)/3,95 ГПа/ 238 ГПа
21551	УВ 1,5К	УВ 1,5К	100/100	1000-1500	5,5/5,5	саржа 2x2	110	ТС 33 (Formosa)



ИНФУЗИОННОЕ СВЯЗУЮЩЕЕ ДЛЯ КОМПОЗИТНОЙ ОСНАСТКИ

Инфузионное связующее “ТО-29-1” (ТУ 2257-096-59846689-14)

Температура стеклования 220 °С

Конкурентные преимущества:

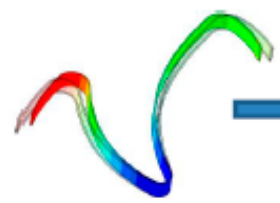
Низкая вязкость, отверждение при комнатной температуре, использование компонентов Российского производства



Сравнение свойств с зарубежными аналогами

Технико-экономические параметры продукта	Созданный продукт ТО-29-1	Зарубежный аналог Toolfusion 1	Зарубежный аналог Toolfusion 3	Зарубежный аналог Epolam 2090	Зарубежный аналог RenLam LY 5210 slow	Зарубежный аналог RenLam LY 5210 fast
Вязкость mPa.s	233	600	450	650	2400	1800
Tg, °C	220	200	218	205	200	238
Отверждение	КТ	КТ	49 °C	40 °C	КТ	КТ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОРОБЛЕНИЯ



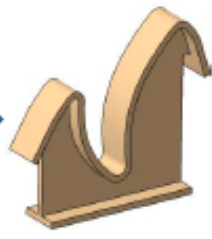
1. Искаженная форма

```
if (molec_klar == 1)
  m1110 = TANGENT2D1
  m_модель = m1110(1:2:1000000)
  m_модель(1:1) = zeros(1, length(m_модель));
  m1110 = TANGENT2D1 * m_модель;
  [m_модель] = klmatrix(m1110, m_модель);
  for [i=1:length(m_модель)]
    m_модель(i) = 1;
  end
  m1110 = TANGENT2D1 * m_модель;
end
```

2. Программа собственной разработки для вычисления компенсированной формы оснастки



3. Построение новой базовой поверхности по облаку точек



3. Новая CAD-модель оснастки

Оснастка с компенсацией коробления



Оснастка номинальной формы



Изготовлено на оснастке с компенсацией коробления

Изготовлено на оснастке номинальной формы

ПРИМЕРЫ УСПЕШНО РЕАЛИЗОВАННЫХ ПРОЕКТОВ

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОМПОЗИТНОЙ ОСНАСТКИ

Создание высокотехнологичного опытно-промышленного производства специальной технологической оснастки для авиационного машиностроения с применением новых типов композиционных материалов и инновационных подходов к моделированию технологических процессов



ВАСО



ИНУМИТ

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОМПОЗИТНОЙ ОСНАСТКИ

Оснастка панели крыла самолета МС-21





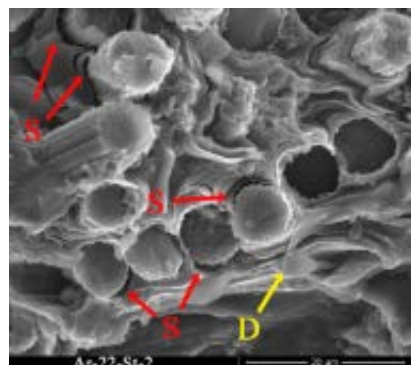
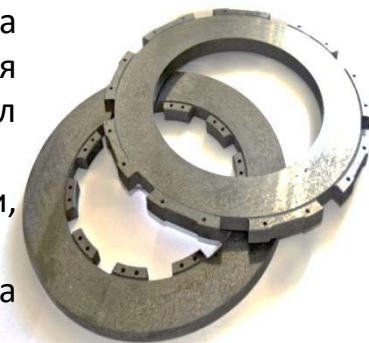
**Создание высокотехнологичного производства фрикционных композиционных углеродных материалов для тормозных систем авиационного и других видов транспорта
(проект № 13.G25.31.0072)**



Период 2010-2012 год. Объем финансирования 140 млн. рублей

Основные результаты:

- ✓ Разработана технология и создана первая очередь промышленного производства фрикционных композиционных углеродных материалов на территории ОАО Авиацонная корпорация «РУБИН», г. Балашиха, Разрабатываемые материалы применяются для Ту 160, Ил 76, самолетов Сухого.
- ✓ Разработаны и созданы новые высокопроизводительные установки: вакуумной заливки, аэроформования, пропитки и карбонизации под давлением;
- ✓ Предложенные технологические решения позволили снизить себестоимость материала на 12-15 %, длительность производственного цикла с 3 до 1.5 месяцев;





АЛЕКСИНСКИЙ
ХИМИЧЕСКИЙ
КОМБИНАТ

Разработка и организация производства термостойких композиционных пресс-материалов для серийного изготовления облегченных деталей сложной формы (проект № 02.G36.31.0006)



Период 2013-2015 год.

Объем финансирования 138 млн. рублей

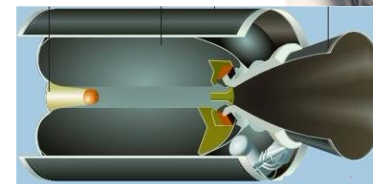
Основные результаты:

- ✓ Разработаны высокотемпературные полимерные смолы с высокой прочностью и термостойкостью.
- ✓ Создаются пилотные установки получения материалов и изделий из них методом литьевого формования;

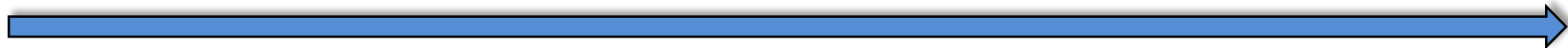
Изделия для высокотемпературных применений:

- Обтекатели для сверхзвуковых деталей
- Газовые коллекторы
- Теплозащита сопловых аппаратов
- Лопатки вентиляторов, турбин
- Детали транспортно-пусковых контейнеров

Пресс-материал состоит из дискретных волокон длиной от 1 до 50 мм, пропитанных полимерным связующим



НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА ОАО «ВАСО» (СОЗДАННАЯ В РАМКАХ 218 ППРФ В 2010-2012 гг.)

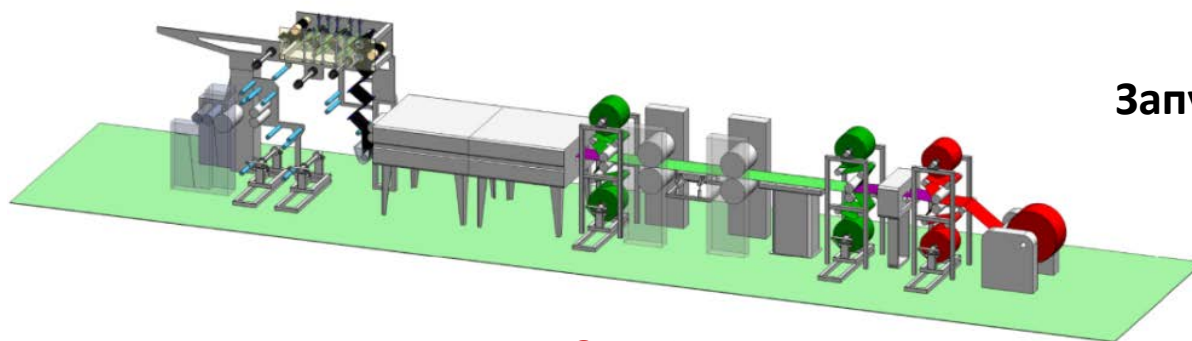


12.2010

Начало проекта

12.2011

Запуск линии



РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ

производственные

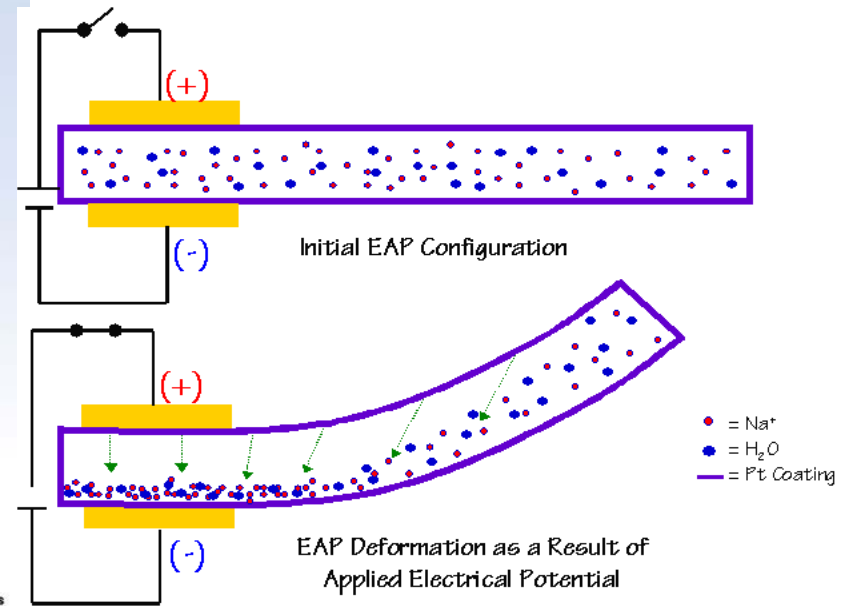
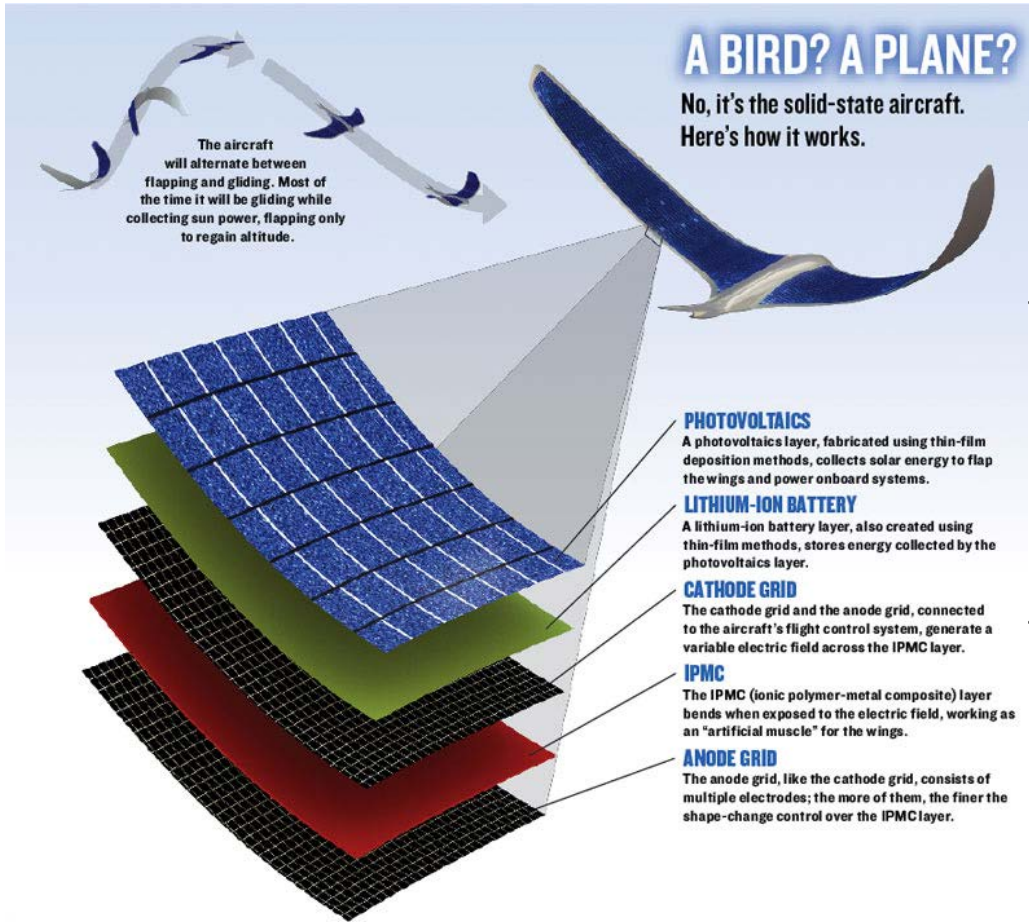
образовательные

- Увеличение выхода годного используемых в производстве препрегов
- Улучшения качества препрегов для возможности их переработки на оборудовании для автоматической выкладки

- Обучение технологов и операторов ОАО «ВАСО» и сотрудников ВГТУ
- Обучение технологиям получения ПКМ студентов специальной группы ВГТУ

МАТЕРИАЛЫ БУДУЩЕГО

Электроактивные полимерные материалы



ЦЕНТР СЕРТИФИКАЦИИ И ИСПЫТАНИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ



ДЕПАРТАМЕНТ НАУКИ,
ПРОМЫШЛЕННОЙ
ПОЛИТИКИ И
ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА
ГОРОДА МОСКВЫ



Министерство
экономическог
о развития
Российской
Федерации



ДЕПАРТАМЕНТ НАУКИ,
ПРОМЫШЛЕННОЙ
ПОЛИТИКИ И
ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА
ГОРОДА МОСКВЫ



АГЕНТСТВО
ИННОВАЦИЙ
ГОРОДА
МОСКВЫ

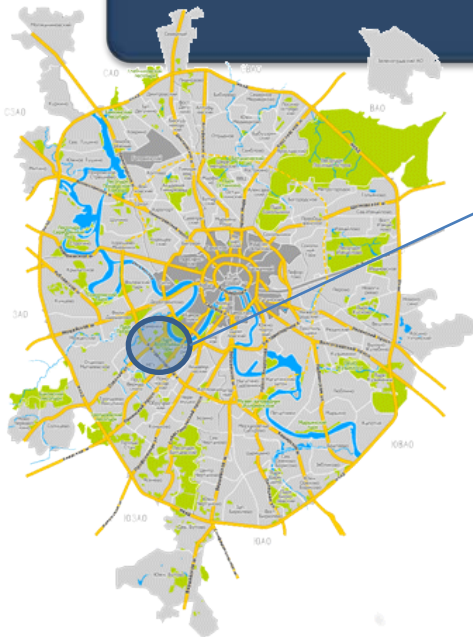


МГУ имени
М.В.Ломоносова



Иннопрактика

АНО «Центр сертификации и испытаний функциональных материалов и технологий»



На площадях в МГУ
г. Москва, Ленинские горы д.1. стр. 11



ПАРТНЕРЫ И ПОТРЕБИТЕЛИ



ОБЪЕДИНЕННАЯ
АВИАСТРОИТЕЛЬНАЯ
КОРПОРАЦИЯ



ВОРОНЕЖСКОЕ
АКЦИОНЕРНОЕ
САМОЛЕТОСТРОИТЕЛЬНОЕ
ОБЩЕСТВО



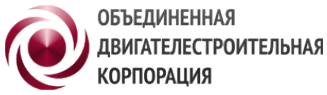
Ростехнологии



Объединенная
ракетно-космическая корпорация



АэроКомпозит
Закрытое Акционерное Общество



ОБЪЕДИНЕННАЯ
ДВИГАТЕЛЕСТРОИТЕЛЬНАЯ
КОРПОРАЦИЯ



СУХОЙ
ГРАЖДАНСКИЕ САМОЛЕТЫ
Компания "Сухой" и "Аленин Аэроавиа"



АВИАДВИГАТЕЛЬ



РЕШЕТНЕВ



СУХОЙ



ТУПОЛЕВ
Публичное
акционерное
общество



ОКБ СИМОНОВА



АЛЕКСИНСКИЙ
ХИМИЧЕСКИЙ
КОМБИНАТ



Казанский национальный исследовательский
технический университет им. А.Н. Туполева



ГРУППА
КРОНШТАДТ



Технология



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !

Кафедра Химической технологии и новых материалов»

МГУ имени М.В. Ломоносова,

ЗАО «ИНУМиТ»

ОАО «ИТЕКМА»

Москва, Ленинские горы д. 1, строение 11

Тел./Факс +7-495-939-33-16