

# Разработка композиционных материалов с уникальными свойствами, в том числе для аддитивных технологий



Руководитель МПК: Нечаев Илья Владимирович

Период создания МПК: декабрь 2018

$\pi$

$x$

11.02.2020г.

## Проблема потребителя

В настоящее время как в России, так и за рубежом остро стоит проблема получения композиционных материалов, обладающих улучшенными свойствами по таким показателям как термо- и хладо- стойкость, прочность и т.д. Подобная проблематика остро ощущается в таких отраслях, как ракетно-космическая, автомобильная и т.д. в связи с повышенными требованиями к исходным материалам, поэтому разработка технологии создания композиционных материалов, способных по свойствам и качественным показателям заменить металлы, является актуальной задачей для специалистов авиационной, ракетной и др. областей.

## Решение проблемы

Одним из путей решения данной проблемы, а следовательно, и способом достижения данных показателей является добавление к полимерной матрице различных наполнителей и добавок, а также определение оптимального содержания наполнителя.

Планируемый конкретный результат

**Нить** из  
**полимерного**  
**композиционного**  
**материала**

**Гранулы**  
**полимерного**  
**композиционного**  
**материала**

Результат реализации проекта

# Выполнение календарного плана



**На 30.10.2019**

- Выбор способа получения КМ
- Подбор и расчет технологических параметров приготовления КМ (смешения, получения гранул)
- Изготовление КМ
- Изготовление образцов для испытания

**На 10.02.2020**

- Испытание КМ.
- Подбор дополнительного оборудования
- Подбор и разработка методики по прогнозированию физико-механических свойств КМ.
- Определение технологических параметров переработки КМ.

# Испытания

*Испытания на  
растяжение, изгиб и  
сжатие*



*Испытания на  
ударную вязкость*



*Испытания определение  
твердости по Шору*



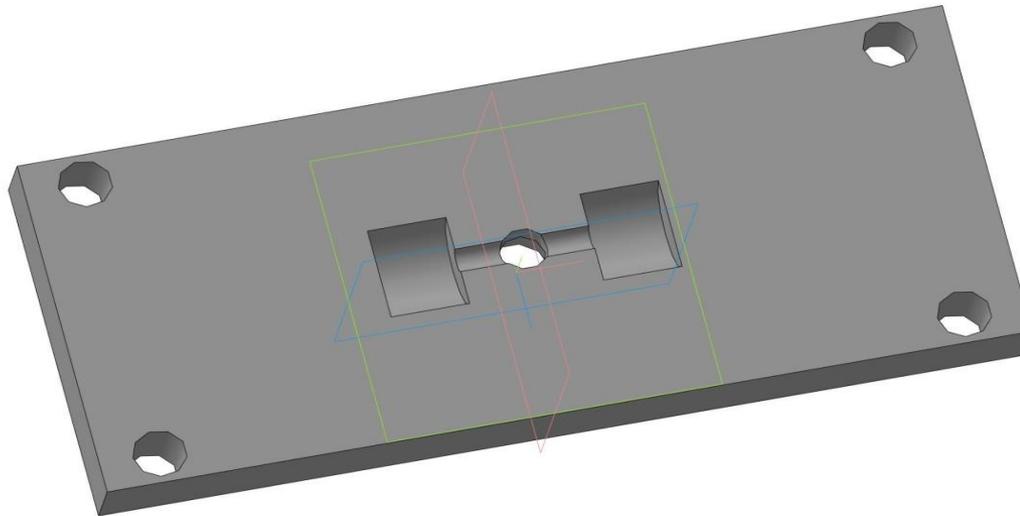
*Разработка композиционного материала с улучшенными  
свойствами, в том числе для аддитивных технологий*

# Результаты испытаний

Наименование параметра	Эталон	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
временное сопротивление разрыву, МПа	не менее 54	90	100	110		
предел текучести, МПа	не менее 19,6	94	149	152		
относительное удлинение, %	не более 40	3,8	70	80		
ударная вязкость, Дж/см <sup>2</sup>	не более 50	106,5	95	97		
Плотность, кг/см <sup>3</sup>	не более 4000	1300	1110	1120		
температурный коэффициент линейного расширения, 1/°C	не более $2 \cdot 10^{-5}$					
теплопроводность, Вт/м·°C	не более 25					

*Разработка композиционного материала с улучшенными свойствами, в том числе для аддитивных технологий*

# Подбор дополнительного оборудования



Пресс-форма для изготовления образцов в виде «Ролик» для проведения испытаний на абразивный износ находится на стадии разработки и проектирования.

# Подбор и разработка методики по прогнозированию физико-механических свойств КМ



## 1 Факторы, определяющие изменчивость оптимизируемых параметров:

	Нижний уровень (-1)	Основной уровень (0)	Верхний уровень (+1)	Интервал варьирования	Наименование фактора
x1:	6	7,5	9	1,5	Полиамид
x2:	1	2,5	4	1,5	Тальк
x3:	0	0	0	0	Добавка

\* Значения факторов задаются в натуральных единицах. Целая часть от дробной отделяется запятой.

## 2 План трехфакторного эксперимента типа "В-Д13":

№ опыта (u)	Матрица планирования			Натуральные значения переменных			Выходной параметр		
	x1	x2	x3	Полиамид	Тальк	Добавка	Y(u, 1)	Y(u, 2)	Y(u, 3)
1	-1	-1	-1	6	1	0	12,328	12,352	12,356
2	+1	-1	-1	9	1	0	5,428	5,48	5,488
3	-1	+1	-1	6	4	0	4,838	5,848	4,854
4	-1	-1	+1	6	1	0	10,732	11,732	11,78
5	-1	0,19	0,19	6	2,785	0	2,204	1,28	2,52
6	0,19	-1	0,19	7,785	1	0	12,28	16,324	14,772
7	0,19	0,19	-1	7,785	2,785	0	6,46	6,644	6,72
8	-0,29	+1	+1	7,065	4	0	4,276	4,468	4,492
9	+1	-0,29	+1	9	2,065	0	10,824	11,072	11,128
10	+1	+1	-0,29	9	4	0	6,936	7,048	6,96

Наименование выходного параметра:  Число измерений в опыте:

## 3 Матем. модель зависимости выходного параметра от переменных факторов:

$$\bar{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{33} x_3^2 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3$$

$$y = (7,669) + (1,302) * x_1 + (-3,424) * x_2 + (0,684) * x_3 + (-2,97) * x_1^2 + (2,993) * x_2^2 + (0,179) * x_3^2 + (1,871) * x_1 x_2 + (-1,718) * x_1 x_3 + (1,718) * x_2 x_3$$

## 4 Статистическая обработка данных планированного эксперимента:

### 4.1 Проверка значимости коэффициентов модели (при наличии параллельных измерений):

Дисперсия воспроизводимости в параллельных опытах .....	0,532
Число степеней свободы .....	20
Табличное значение критерия Стьюдента ( $t_{табл}$ ) .....	2,09

Ковфф-т:	b0	b1	b2	b3	b11	b12	b13	b22	b23	b33
К.Стьюд.(t):	11,28	4,475	11,767	2,351	5,281	5,393	8,279	5,322	4,952	0,318
Значимости:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

### 4.2 Проверка адекватности математической модели:

Дисперсия адекватности математической модели .....	0,871
Число степеней свободы при значимых коэффициентах .....	1
Табличное значение критерия Фишера ( $F_{табл}$ ) .....	4,35
Расчетное значение критерия Фишера (F) .....	1,64

По критерию Фишера уравнение математической модели является адекватным. Модель применима для решения производственных задач.

## 5 Параметры математической модели перед графической интерпретацией:

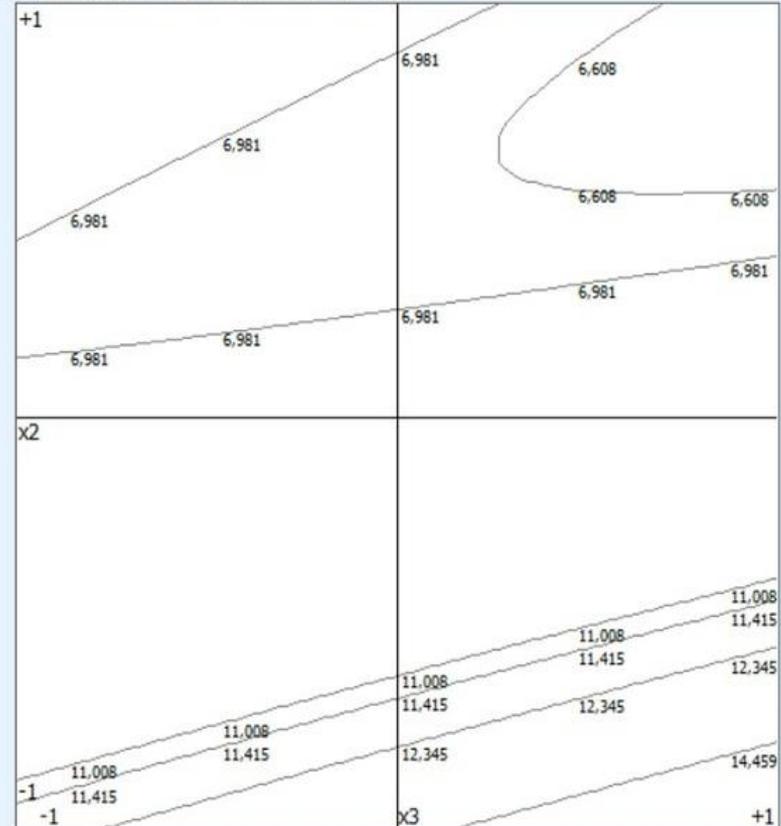
5.1 Выбор постоянного фактора:  x1=const  x2=const  x3=const

5.2 Значение постоянного фактора в кодированном (от -1 до +1) и натуральном виде:

x1(код) =    x1(нат) =  Шаг изменения:

$$y = (7,669) + (0) + (-3,424) * x_2 + (0,684) * x_3 + (0) + (2,993) * x_2^2 + (0,179) * x_3^2 + (0) * x_2 + (0) * x_3 + (-1,718) * x_2 * x_3$$

## 6 Графическая интерпретация математической модели:



## 7 Определение точки оптимума функции отклика:

В пределах варьирования переменных факторов экстремум функции отклика отсутствует.



Температура по зонам материального цилиндра, °С			Температура по зонам головки		Число оборотов шнека, об/мин	Скорость намотки, см/сек	Температура воды в охлаждающей ванне		Производительность, кг/час
1	2	3	1	2			1 зона	2 зона	
250	275	285	280	275	30	30	40	20	150



*Линия для получения нити для 3D-печати*



ФОТО НИТИ

*Разработка композиционного материала с улучшенными свойствами, в том числе для аддитивных технологий*

# Продвижение интеллектуальной собственности

На 30.10.2019

1. *Участие в конференции «Новые детонационные технологии»*
2. *Подготовлена обзорная статья на тему «Композиционные материалы с заданным комплексом свойств: современное состояние и перспективы развития»*

На 10.02.2020

1. *Участие в научно-практической конференции по обсуждению вопросов развития взаимовыгодного сотрудничества СамГТУ и АО «Авиакор – авиационный завод»*
2. *Участие в международной выставке «Интерпластика-2020», г.Москва*
3. *Участие в деловой программе Полимер плаза на международной выставке Интерпластика 2020 с докладом «Композиционные материалы с заданным комплексом свойств, в том числе для аддитивных технологий»*
4. *Подготовлены тезисы для участия в XLVI международной молодежной научно-практической конференции «Гагаринские чтения»*
5. *Доработка статьи и опубликование на тему*  
*Композиционные материалы с заданным комплексом свойств: современное состояние и*

*Разработка композиционного материала с улучшенными свойствами, в том числе для аддитивных технологий* перспективы развития



# Риски проекта

**На 13.06.2019**

*1. Выход из рабочего состояния приобретенного оборудования.*

*Методы нивелирования риска:*

- Проведение периодического осмотра оборудования;*
- Работы с оборудованием специально обученного персонала*

*2. Наличие брака при изготовлении образцов изделий для испытаний*

*Методы уменьшения риска:*

- Подбор параметров технологического процесса и его отработка*

**На 10.02.2020**

*1. Выход из рабочего состояния приобретенного оборудования*

*(1 зоны нагрева*

*термопластавтомата)*

*Методы устранения риска:*

- ремонт*

# ОСНОВНЫЕ УЧАСТНИКИ ПРОЕКТА

## Потребители

Предприятия ракетно-космической отрасли (АО «РКЦ-«Прогресс»), предприятия автомобильной и др. отраслей

Предприятия аэрокосмической отрасли (АО «РКЦ «Прогресс»)

## Поставщики

ООО «Орбис», г. Санкт-Петербург, НПП «Симплекс», г. Самара  
Компания «Интерпласт», г. Вологда  
РусХим, г. Самара

ООО «Орбис», г. Санкт-Петербург  
НПП «Симплекс», г. Самара,  
Компания «Интерпласт», г. Вологда  
РусХим, г. Самара

## Партнеры

Предприятия аэрокосмической отрасли (АО «РКЦ «Прогресс») РФИ  
Инновационный фонд Сам. области

ФГБОУ ВО «СамГТУ»

## Прочие участники

Межотраслевой Научно-Производственный Центр

Межотраслевой Научно-Производственный Центр

# ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ

Практический опыт решения задач в предметной области проекта



работа на оборудовании по получению гранул КМ, получению образцов для испытаний и их испытаний- изучения курса «Практико-ориентированный проект» -

Развитие практических методов в области управления проектами



организация эффективной работы над проектом- Изучение курсов «Самоменеджмент», «Тайм-менеджмент», «Инновационная экономика и технологическое предпринимательство», «Проектная деятельность» -

Получение базовых знаний и навыков в предметной области проекта



проведение анализа литературы и подбор компонентов КМ - изучения курса «Композиционные материалы» -

Получение продвинутых знаний и навыков в предметной области проекта



подбор технологических параметров процессов - Изучения курса «Оборудование получения и переработки композиционных материалов» -

*Разработка композиционного материала с улучшенными свойствами, в том числе для аддитивных технологий*

# СФОРМИРОВАННЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ

В сфере сквозных технологий

- Работа с данными
- Цифровое моделирование
- Создание новых материалов
- Автоматизация вычислений
- Инжиниринг

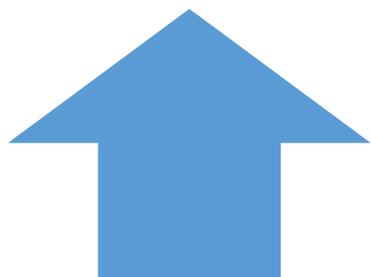
Проектные

- Обоснование предметной области проекта
- Управление эффективной командой проекта
- Управление разработкой плана проекта
- Управлением реализацией и развитием проекта
- Управление контрольными событиями проекта
- Анализ результативности проекта

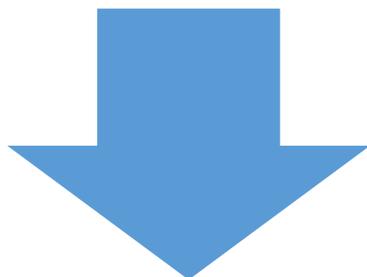
Личностные и командные

- Публичные выступления
- Активное слушание
- Эффективная коммуникация
- Ведение переговоров
- Аналитическое мышление
- Работа с неопределенностью
- Работа с информацией
- Самоорганизация и самомотивация
- Формирование и развитие научного потенциала

# КОМАНДА ПРОЕКТА: ИЗМЕНЕНИЯ



1. Получение новых знаний и навыков с целью развития профессиональных компетенций – 6.
2. Получение максимального количества баллов за участие в МПК (в рейтинге студентов) – 6.
3. Финансовая поддержка – 6.



Окончание университета – 2 человека

## СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Тема МПК: Разработка композиционного материала с уникальными свойствами, в том числе для аддитивных технологий

Руководитель МПК: Нечаев Илья Владимирович

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ: [htpkm@samgtu.ru](mailto:htpkm@samgtu.ru), 8 937 182 41 20