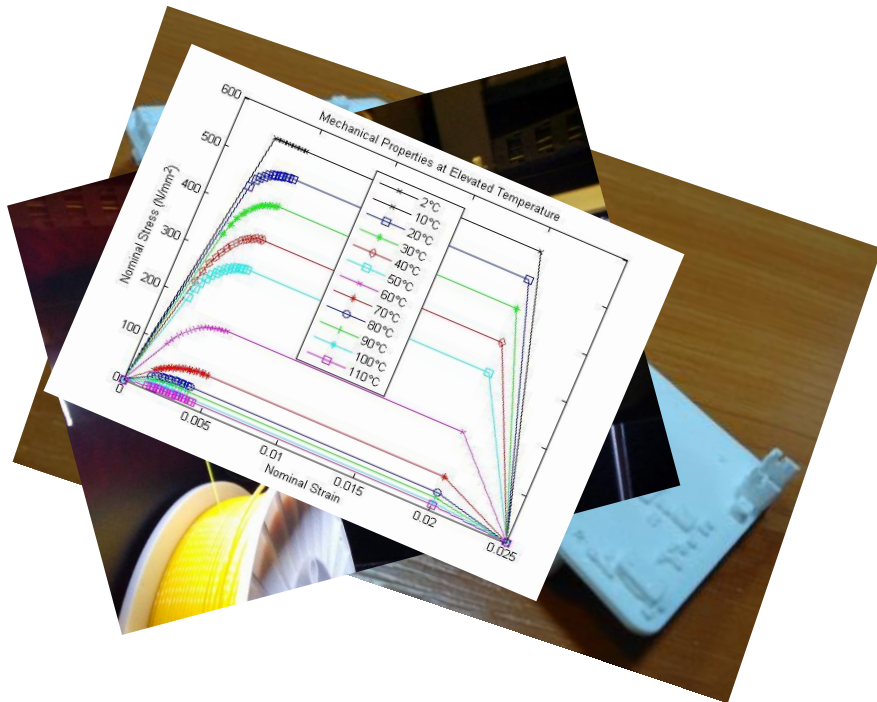


## ПРЕЗЕНТАЦИЯ

# ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ ДЛЯ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА



Доц. к.т.н. – **Чабаненко Александр Валерьевич**

# Наличие публикаций в научных изданиях

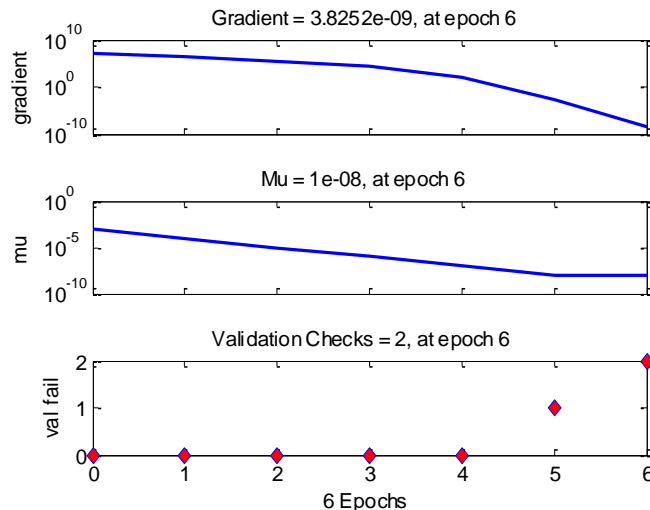
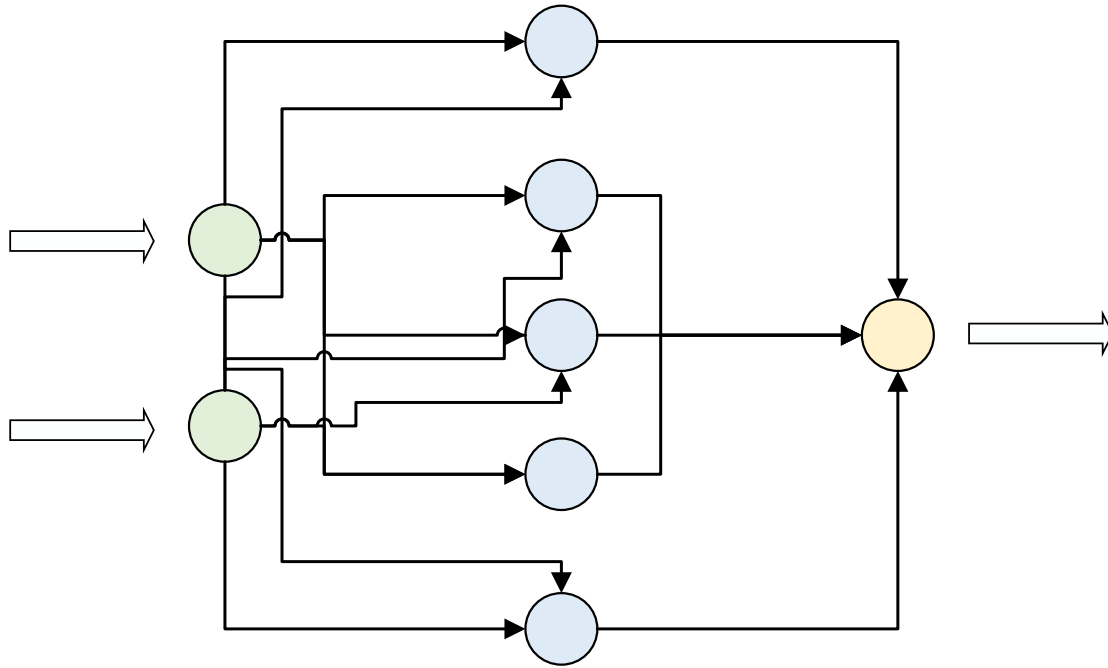
- РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОСЛОЙНОГО СИНТЕЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ РОБОТОТЕХНИКИ**  
*Липатников В.А., Чабаненко А.В., Щукина Д.С.*  
В книге: [Метрологическое обеспечение инновационных технологий](#) Международный форум. 2020. С. 108-109.
- ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В РАЗРАБОТКЕ ЗАДАНИЯ НА ПЕЧАТЬ С УЧЁТОМ МОДЕЛИ ПРИНТЕРА В АДДИТИВНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**  
*Назаревич С.А., Чабаненко А.В.*  
В книге: [Метрологическое обеспечение инновационных технологий](#) Международный форум. 2020. С. 156-157.
- РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОДБОРА ПЛОЩАДКИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ С УЧЕТОМ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА**  
*Чабаненко А.В., Щукина Д.С.*  
В книге: [Метрологическое обеспечение инновационных технологий](#) Международный форум: тезисы. 2019. С. 171-173.
- ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОСТРОЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТА**  
*Чабаненко А.В., Фролова Е.А.*  
В сборнике: [Моделирование и ситуационное управление качеством сложных систем](#) Сборник докладов Научной сессии ГУАП. 2019. С. 181-182.
- УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ 3D ПЕЧАТИ ПОСРЕДСТВОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ АДДИТИВНОЙ УСТАНОВКИ**  
*Чабаненко А.В.*  
В сборнике: [Избранные научные труды восемнадцатой Международной научно-практической конференции "Управление качеством"](#) ИЗБРАННЫЕ НАУЧНЫЕ ТРУДЫ Восемнадцатой Международной научно-практической конференции. 2019. С. 362-368.
- APPLICATION OF NUMERICAL SIMULATION SYSTEMS WHEN USING COMPOSITE MATERIALS USED IN ADDITIVE PRODUCTION**  
*Chabanenko A.V., Kurlov A.V., Smirnova A.S., Getmanova G.V., Gulevitskiy A.U.*  
В сборнике: [IOP Conference Series: Materials Science and Engineering](#) International Workshop "Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering – MIP: Engineering – 2019". Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2019. С. 32034.
- CONSTRUCTION OF MATHEMATICAL MODEL OF TRAINING AND PROFESSIONAL DEVELOPMENT OF PERSONNEL SUPPORT OF ADDITIVE PRODUCTION OF REA**  
*Chabanenko A.V., Kurlov A.V.*  
В сборнике: [IOP Conference Series: Materials Science and Engineering](#) International Workshop "Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering – MIP: Engineering – 2019". Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2019. С. 32041.
- СОЗДАНИЕ КОРПУСНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РЭА НА УСТАНОВКЕ ПОСЛОЙНОГО СИНТЕЗА МАТЕРИАЛОВ В РАМКАХ ПРОЕКТНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ГУАП**  
*Чабаненко А.В.*  
В сборнике: [XXIII Международный Биос-форум и Молодежная Биос-олимпиада 2018](#) Сборник материалов . 2019. С. 133-137.
- ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПОСРЕДСТВОМ СИСТЕМЫ ДОПУСКОВ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ ПЕЧАТИ**  
*Чабаненко А.В., Смирнова В.О., Гетманова Г.В., Назаревич С.А.*  
[Вопросы радиоэлектроники](#). 2019. № 7. С. 31-34.
- МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ 3D ПЕЧАТИ В УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ ПОСТРОЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА**  
*Чабаненко А.В.*  
[Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении](#). 2019. № 1 (3). С. 10-15.

5 статей  
СКОПУС  
9 статьи  
ВАК  
40 статей  
РИНЦ

## Актуальность темы исследования

Предпосылки на государственном уровне	Современные требования	Проблематика
Федеральный закон от 31 декабря 2014 г. № 488-ФЗ "О промышленной политике в Российской Федерации"	Модернизация наукоемких и высокотехнологичных отраслей экономики, повышение тех-го уровня промышленности, импортозамещение, повышение компетентности профессиональных кадров	– Недостаточный уровень унификации и стандартизации корпусов РЭА
Перечень критических технологий, от 07.07.2011 № 899 «Базовые и критические военные и промышленные технологии для создания перспективных видов вооружения, военной и специальной техники»	Совершенствование системы поддержания гарантированного уровня технических характеристик и соответствия продукции заданным требованиям	– Недостаточные возможности электронной компонентной базы – Низкая результативность для текущего уровня производства в условиях плохо прогнозируемой динамики климатических параметров, требуется реализация гибких стратегий управления
Гос. программа РФ «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013–2025 годы», утвержденной распоряжением правительства от 15 декабря 2012 года №2396-р.	<b>Совершенствование процесса производства изделий микроэлектроники, повышение качества технологических процессов, увеличение плотности печатного монтажа, освоение инновационных технологий сборочно-монтажного производства, усиление технологического обеспечения надежности</b>	– Технологии изготовления бортовой электроники мало пригодны к условиям автоматизированных процессов сборки в мелкосерийном и серийном производстве
ПП РФ от 17 февраля 2016 г. № 109 «Об утверждении Правил предоставления из федерального бюджета субсидий российским ... по разработке базовых технологий производства приоритетных электронных компонентов и радиоэлектронной аппаратуры»	Реконструкция российских предприятий электроники и направленность на создание высокотехнологических производств малой и средней серии	– <b>Невозможность печати сложных конструкций из полимеров большого масштаба</b>
<b>Федеральный закон от 31 декабря 2014 г. № 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации»</b>	Укомплектование производственных помещений инженерным оборудованием, а также системами управления производственным процессом, конструирование ЧПП.	- Повышенный спрос на аддитивные установки, 100 млн. запросов в Яндексе

# НС ИИ в аддитивном производстве



Command Window

```
>> nntool
>> [1508 5252 6514 8468 8907 9506 8042 9890;
1055 3454 3456 4711 4412 4969 4965 5321;
556 3499 3588 5167 5512 5524 5779 5154;
229 202 390 320 301 274 271 305;
596 955 1402 1377 1603 1858 1807 2033;
914 988 2237 3062 2761 3246 3453 3459;
601 1720 2463 3734 3881 4281 4285 4464;
569 1087 3147 2883 2622 3082 3036 3294]
```

Workspace

Name	Value
ans	8x8 double

Neural Network/Data Manager (nntool)

Input Data: P

Output Data:

Network: network1

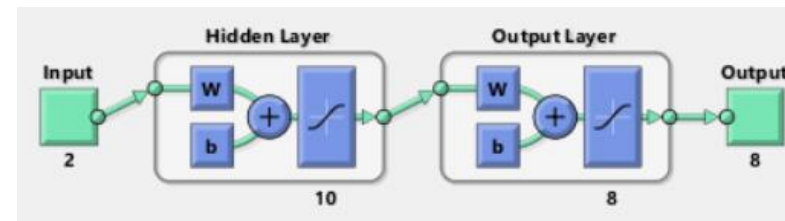
Target Data: T

Training Info

Training Data	Training Parameters	Training Results
Inputs: P	Targets: T	Outputs: network1_outputs
Init Input Delay States: (zeros)	Init Layer Delay States: (zeros)	Errors: network1_errors
		Final Input Delay States: network1_inputStates
		Final Layer Delay States: network1_layerStates

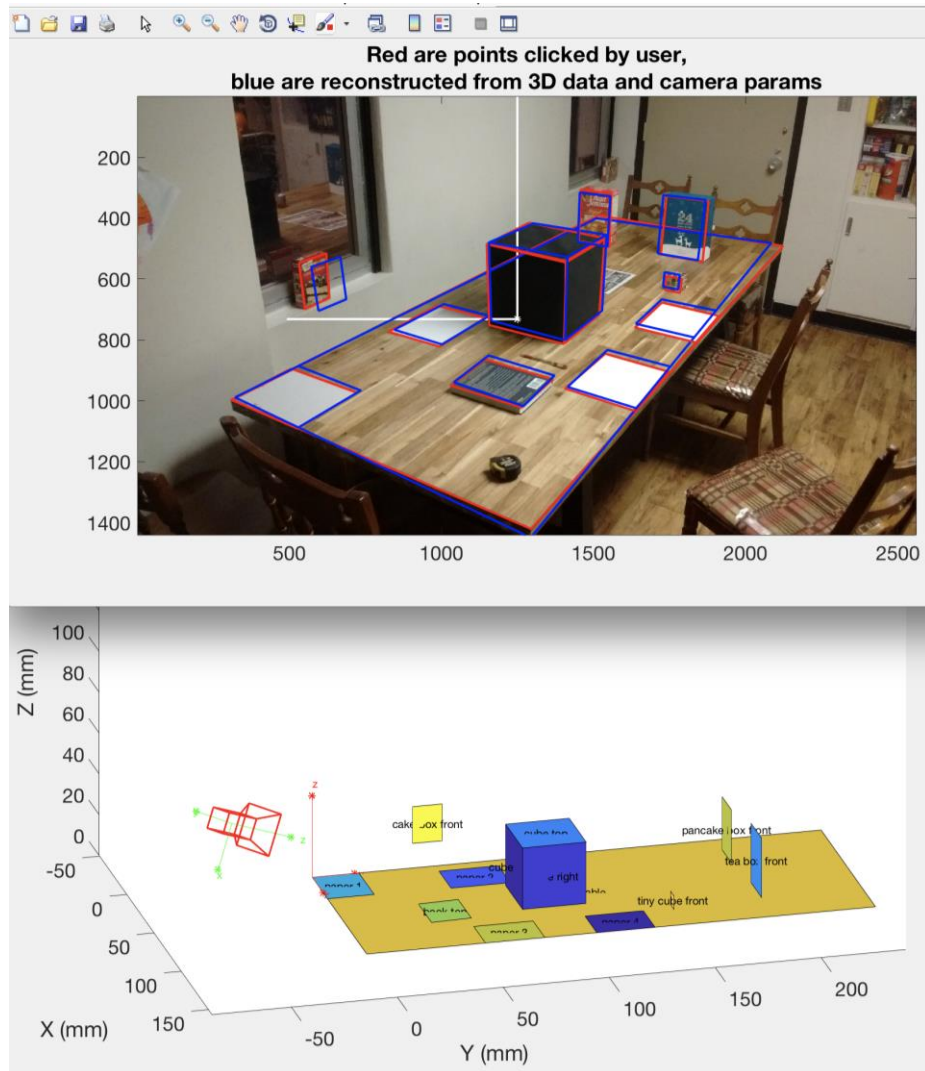
Input Delay States:

Train Network





# Мониторинг с применением ИИ в АТ



# Оценка рынков

Таблица - SWOT – анализ

Сильные стороны	Слабые стороны
Возможности	Угрозы
Положительные тенденции спроса Сотрудничество с другими компаниями Получение грантов Применение новых технологий Увеличение рекламы Хорошие связи с общественностью Государственная поддержка Получение патентов Большой рынок Дополнительные услуги Обратная связь от потребителя	Новые законодательные акты Конкуренты Новые технологии Появление конкурентов Смена тенденций спроса Ненадежные поставщики расходных материалов Экономический спад Активность конкурентов Сезонный спад Замедление создания национальных стандартов в сфере аддитивных технологий Увеличение стоимости оборудования и материалов
Преимущества	Недостатки
Инновационные технологии Качественное оборудование Широкий ассортимент Быстрая обработка заказов Удовлетворенность клиентов Новые качественные характеристики Экономия ресурсов Повышение результативности Понижение себестоимости Продукция, отвечающая требованиям качества Наличие ресурсов Мобильность Сплоченный коллектив	Недостаток оборотных средств Ограниченный спектр технологий аддитивной печати Отсутствие правового обеспечения в сфере аддитивных технологий Модель является не стандартизированной Низкая мотивация сотрудников Малая аудитория Возможность отпугнуть покупателя

Таблица - PEST-анализ

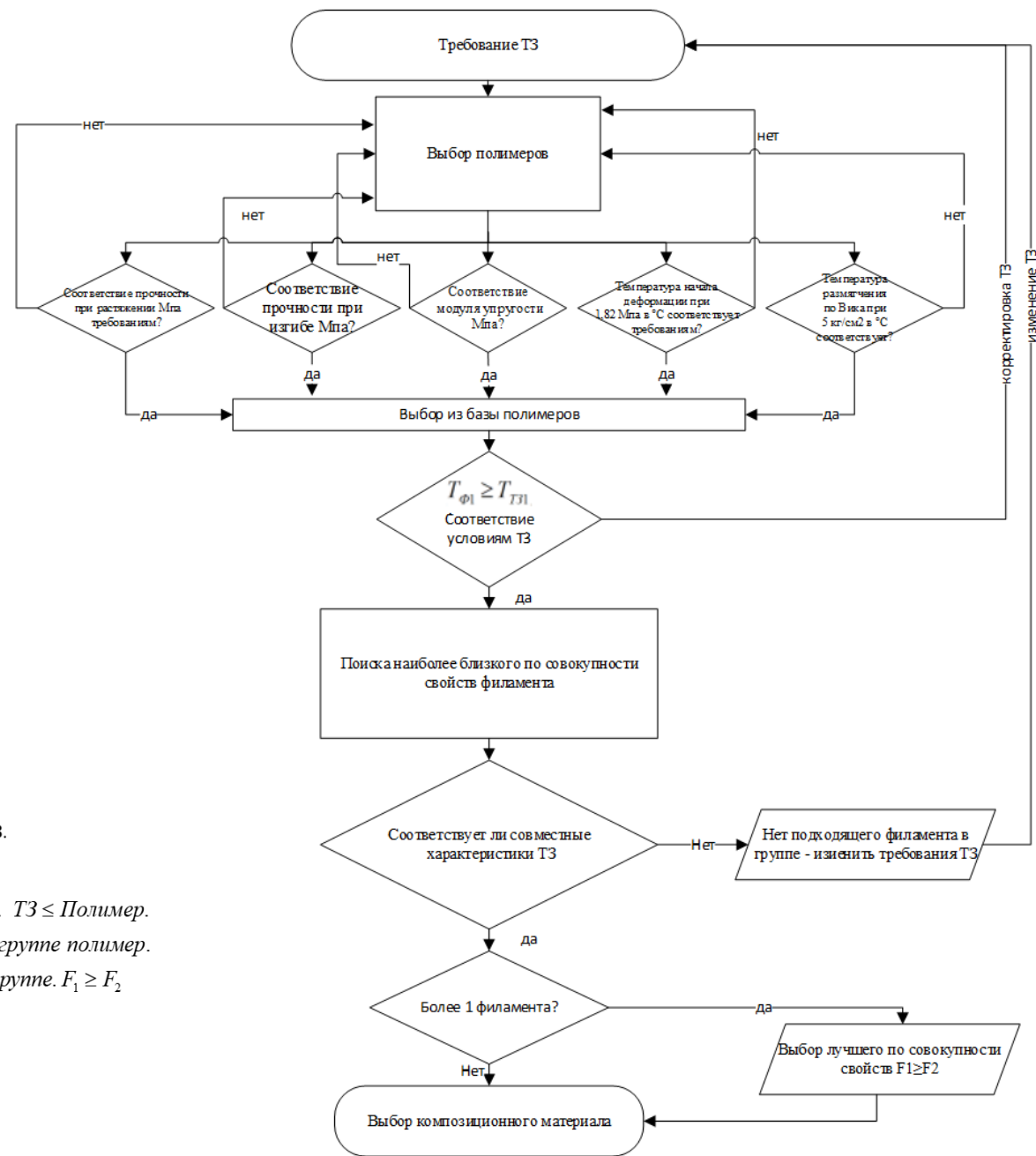
Внешняя среда	
<b>Политика</b>	Финансирование Текущее законодательство на рынке Влияние государства в отрасли Будущие изменения в законодательстве Европейское/международное законодательство Регулирующие органы и нормы Правительственная политика, изменение Бюрократизация
<b>Экономика</b>	Увеличение тарифов на коммунальные нужды Экономическая ситуация и тенденции Увеличение стоимости оборудования Увеличение стоимости расходных материалов Повышение налогообложения Инфляция Платежеспособный спрос Специфика производства Инвестиционный климат в отрасли Потребности конечного пользователя Коммуникации Курс валют
<b>Общество</b>	Мода на технологии прототипирования Информация СМИ Демография Здоровье Компетентность Образование Требования к качеству Изменения законодательства, затрагивающие социальные факторы Структура доходов и расходов Базовые ценности Тенденции образа жизни Бренд, репутация компании, имидж используемой технологии Модели поведения покупателей
<b>Технология</b>	Развитие конкурентных технологий Новые технологические открытия. Появление конкурентов со схожей продукцией Потенциал инноваций Зрелость технологии Изменение и адаптация новых технологий Информация и коммуникации Степень исследования Ценовая конкуренция Законодательство по технологиям Проблемы интеллектуальной собственности



Имеющиеся площадки у  
проекта и испытательные  
лаборатории, кадровый  
ресурс

Результаты исследования используются в  
учебной деятельности и практиках  
кафедры. 5.

# Схема выбора композиционного материала



$$C_F = \prod_{i=1}^n a_i = 1$$

$$a_i = \begin{cases} 0, & \text{если } x_i < x_{0i} \\ 1, & \text{если } x_i \geq x_{0i} \end{cases}$$

$x_{0i}$  –  $i$  требование ТЗ;

$x_i$  – характеристика полимера, соответствующая  $i$ -му требованию ТЗ.

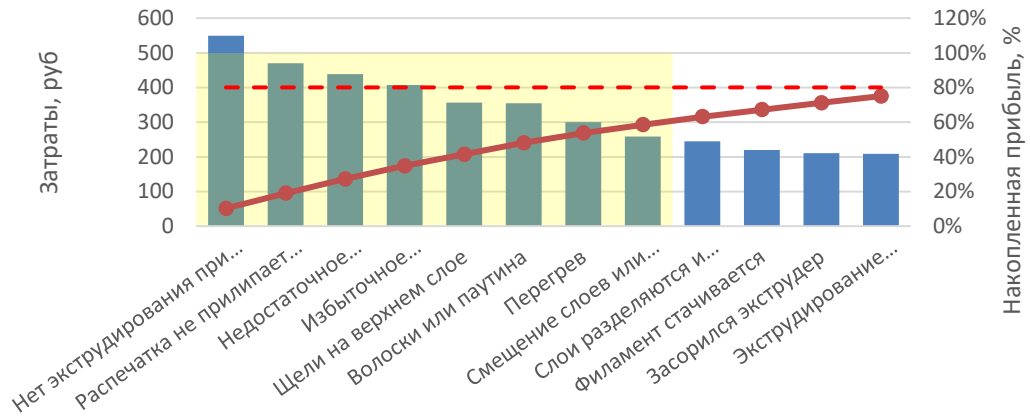
Операция реализована в ячейке "Пригодности полимера".

Возможны три ситуации:

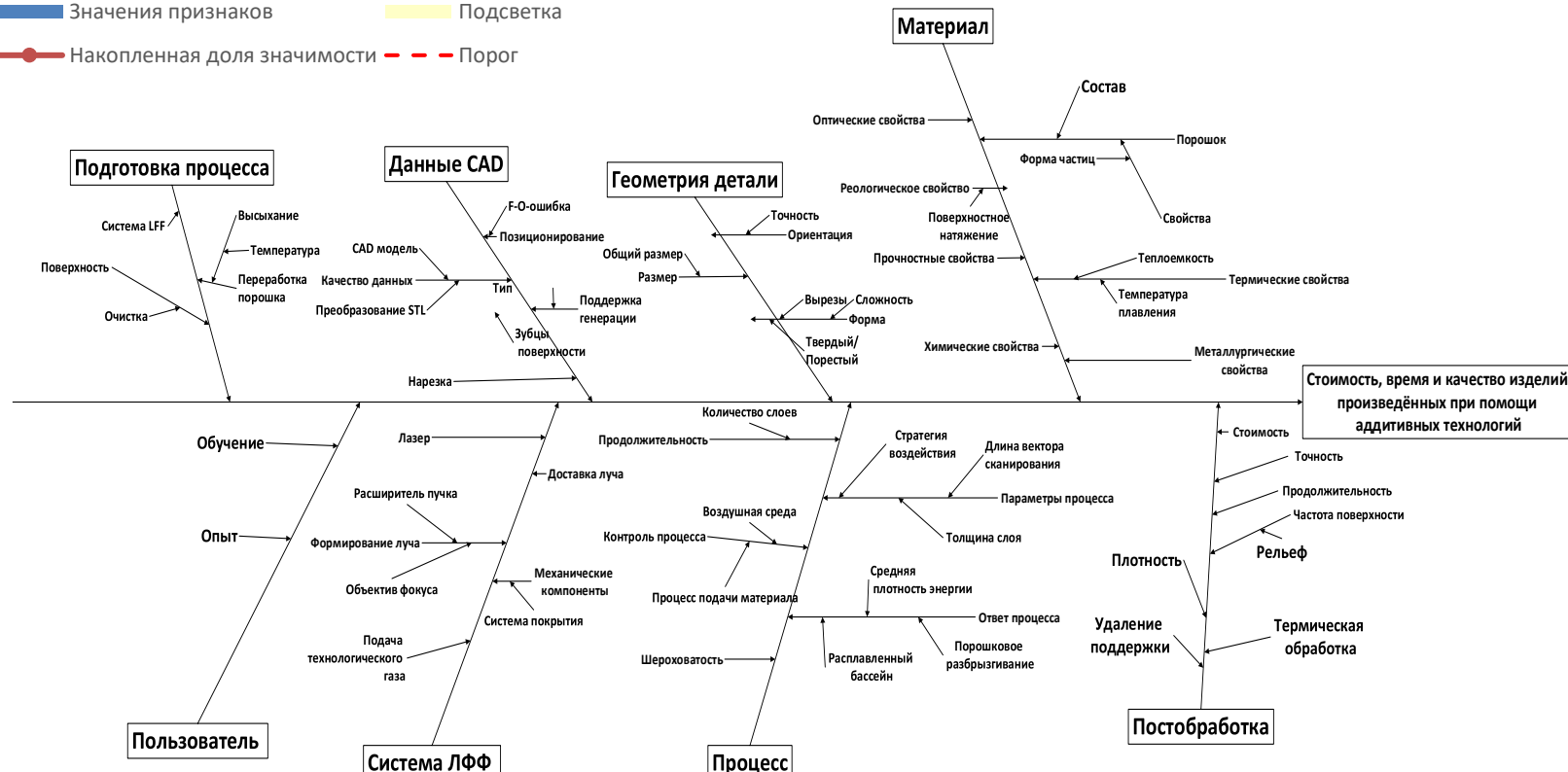
$$\text{Полимер} = \begin{cases} a_1 - \text{нет подходящего полимера в группе. } T_3 \leq \text{Полимер.} \\ a_2 - \text{только один подходящий полимер в группе полимер.} \\ a_3 - \text{несколько подходящих полимеров в группе. } F_1 \geq F_2 \end{cases}$$



# Методы контроля печати для обеспечения качества



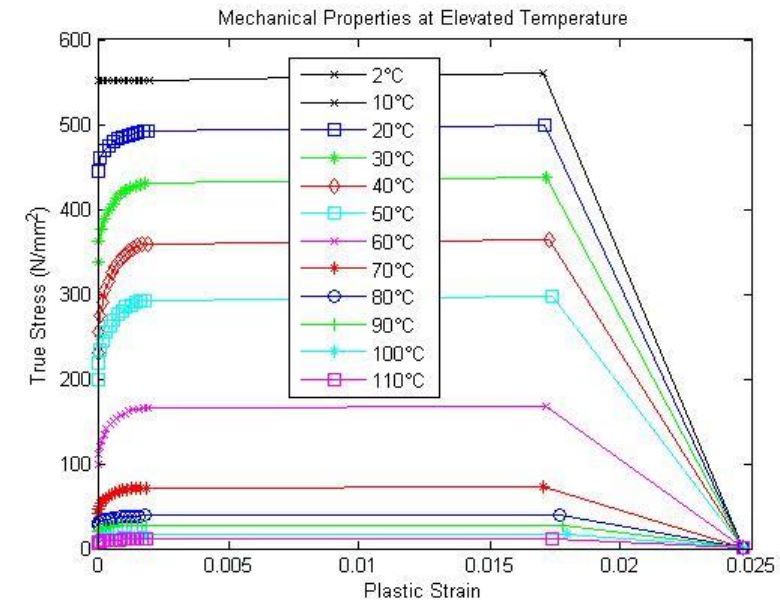
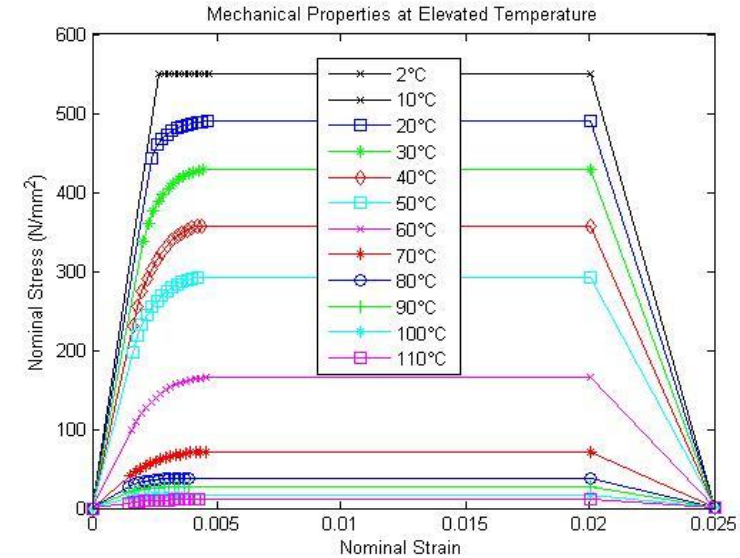
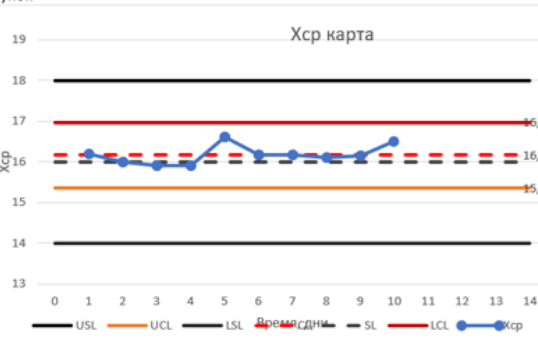
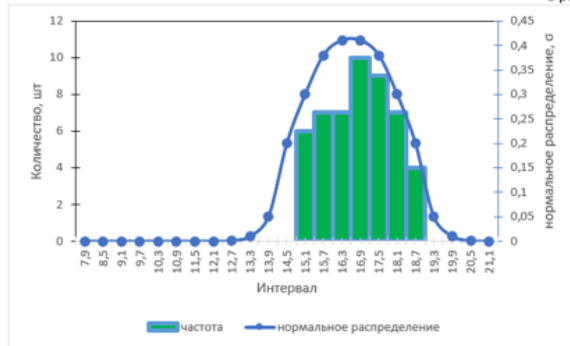
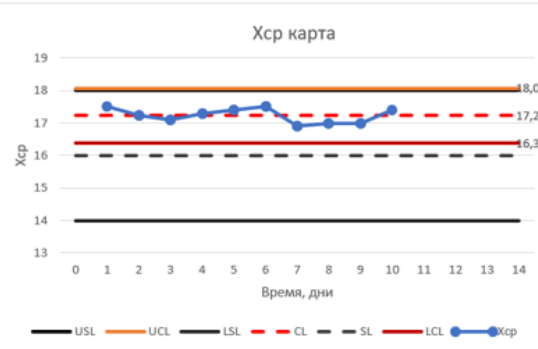
■ Значения признаков  
■ Подсветка  
—●— Накопленная доля значимости - - - Порог



Причинно-следственные связи качества изделий произведённых при помощи аддитивных технологий

# Статистический контроль качества аддитивного производства и количества годных

Расчёт максимальных нагрузок при различных температурах корпуса РЭА произведённого по FDM технологии



## Заключение

Развитие аддитивного производства входит в перечень критических технологий РФ, определяя актуальность использования механизмов обеспечения качества преформ на основе управления автоматизированными роботизированными комплексами для послойного синтеза с применением композиционных материалов для обеспечения качества процессов аддитивного производства.

Современные тенденции цифрового производства, интернета вещей, направлены на активное формирование отрасли аддитивных технологий, применение данных технологий особенно перспективно в сфере производства корпусных элементов радиоэлектронной аппаратуры. Особенно остро ощущается проблема усложнения формы радиоэлектронных устройств и печатных плат, корпуса которых должны учитывать их специфику и эргономику, особенности режимов эксплуатации оборудования. Отмеченные обстоятельства обуславливают важную роль применения аддитивных технологий в производстве корпусов из композиционных материалов и обеспечения должного уровня качества, удовлетворяющего требованиям к размещённым компонентам радиоэлектронной аппаратуры.

Аддитивные технологии позволили сформировать принципиально новое направление в технологии, предназначенное для изготовления опытных, единичных, эксклюзивных и уникальных образцов изделий за счет послойного наращивания материала методом послойного синтеза с одновременным получением заданной формы и размеров последующего серийноспособного изделия на основе цифрового прототипа.

Применение систем аддитивного производства, контроль воспроизводимости цифровых прототипов, анализ отклонений при технологическом процессе послойного синтеза, переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования.

Основные результаты **опубликованы в 30 статьях**, 10 из которых представлены в изданиях, рекомендованных ВАК.  
5 патентов.

# Поддержка предприятий радиоэлектронной промышленности Санкт-Петербурга и ассоциаций

**КОНТРАКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО И РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОНИКИ**



Тел./Ф.: +7 (812) 740-7199, 740-7198  
Тел./Ф.: +7 (495) 229-31-43  
E-mail: pantes@pantes.ru  
www.pantes.ru; www.pantes-group.ru  
СПб, Ириновский пр., 2, офис 309

ИНН 7806512751 КПП 780601001  
Юридический адрес: 195248, Санкт-Петербург г. Ириновский пр-кт, дом № 2 литер А  
Почтовый адрес для финансовых документов: 195248, Санкт-Петербург, а/я 15

## В совет всероссийского конкурса

ООО "ПАНТЕС групп", ознакомившись с представленным проектом «Установка для послойного синтеза и обеспечения качества преформ из полимеров с помощью аддитивных технологий», выражает поддержку данному проекту, реализуемому на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения.

Команда проекта состоит из студентов, магистров и аспирантов университета, что позволяет приобщить к научно-техническому творчеству широкий круг специалистов с различных кафедр.

Изобретательский уровень явным образом следует из признаков проекта, таких как устройство и структура аддитивной установки, а также механизмы управления послойным синтезом.

Проект направлен на разработку модели оценки качества преформ, на этапе производства и создание установки для послойного синтеза дельта типа с последующим испытанием устойчивости преформ, выполненных на аддитивной установке к эксплуатационным факторам.

Данный проект положительно скажется на формировании будущего кадрового потенциала высокотехнологичного предприятия.

ООО "ПАНТЕС ГРУПП" высоко ценит личный вклад в развитие аддитивных технологий и аддитивного производства. Представленный проект, является достаточно перспективным, так как такие технологии и производство позволяют изготавливать любое изделие послойно на основе компьютерной модели, что существенно улучшает традиционное производство.

Надеемся, на развитие таких проектов в Санкт-Петербурге и успешное участие данного проекта на всероссийском конкурсе научно-технических проектов «ИННОВАЦИОННАЯ РАДИОЭЛЕКТРОНИКА».

Генеральный директор  
ООО "ПАНТЕС групп"  
д.т.н., проф.



Коршунов



Исх. № 090-331  
от 13.09.18

## В Совет Всероссийского конкурса научно-технических проектов

### Отзыв о проекте

АО «НПП «Радар ммс» ознакомилось с проектом «Установка для послойного синтеза и обеспечения качества преформ из полимеров с помощью аддитивных технологий».

Проект направлен на создание инновационной аддитивной технологии печати преформ, разработку установки дельта типа и реализацию процедур обеспечения качества преформ. Предлагаемая технология послойной печати чрезвычайно актуальна в условиях медокосерийного и многоменклатурного производства деталей и сборочных единиц радиоэлектронного производства.

Реализация данного проекта обеспечивает повышение качества производства, на основе разработки моделей и методики управления качеством технологического процесса и создания установки дельта типа для послойной печати.

Представленный проект «Установка для послойного синтеза и обеспечения качества преформ из полимеров с помощью аддитивных технологий», несомненно, вносит весомый вклад в реализацию научно-технического потенциала высокотехнологичных предприятий Санкт-Петербурга.

АО «НПП «Радар ммс» поддерживает проект «Установка для послойного синтеза и обеспечения качества преформ из полимеров с помощью аддитивных технологий», представленный старшим преподавателем кафедры инноватики и интегрированных систем качества Чабаненко Александром Валерьевичем в составе команды «ГУАП» на Всероссийском конкурсе научно-технических проектов «ИННОВАЦИОННАЯ РАДИОЭЛЕКТРОНИКА».

Заместитель Генерального конструктора  
по программно-целевому развитию,  
докт.техн.наук, профессор



В.М. Балашов

## СОГЛАШЕНИЕ О СОТРУДНИЧЕСТВЕ между Федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» (ГУАП) и Ассоциацией «Внедрения инноваций в сфере 3Д образования»

г. Санкт-Петербург

30.09.2018 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» (ГУАП), далее («ГУАП»), в лице ректора Антохиной Юлии Анатольевны, действующего на основании Устава (далее СТОРОНА – 1), и

Ассоциация «Внедрения инноваций в сфере 3Д образования» (далее Ассоциация 3Д образования), в лице Президента Бондаренко Романа Валерьевича, действующего на основании Устава (далее СТОРОНА-2).

именуемые каждый в отдельности – «Сторона», а совместно именуемые «Стороны», исходя из единого понимания необходимости тесного взаимодействия в условиях быстрого развития научных знаний и современных разработок и осознавая значение совместной научно-исследовательской и инновационной деятельности, в целях внедрения 3Д технологий в образовательный процесс и популяризации инновационного направления в образовании, учитывая взаимную заинтересованность в научно-техническом сотрудничестве заключили настоящее Соглашение о следующем:

### 1. ПРЕДМЕТ СОГЛАШЕНИЯ

1.1. Предметом настоящего Соглашения является установление партнерских отношений между Сторонами с целью более полного использования интеллектуальных, материальных и производственных ресурсов при решении приоритетных задач развития Национальной технологической инициативы, объединение своих усилий для совместной научно-исследовательской, инновационной, производственной, консалтинговой и образовательной деятельности.

1.2. Каждый вид сотрудничества, для реализации которого необходимо определение обязательственных взаимоотношений между Сторонами, в том числе, установление прав и обязанностей, финансовых обязательств, расходов, связанных с реализацией взаимного сотрудничества, иных условий, осуществляется Сторонами путем заключения отдельных двусторонних, многосторонних договоров (соглашений).

### 2. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ФОРМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

2.1. В целях реализации взаимовыгодных направлений сотрудничества Стороны вправе устанавливать партнерские отношения в формах, предусмотренных действующим законодательством Российской Федерации, в рамках следующих направлений деятельности:

- участие в выставках, конференциях, семинарах, форумах и других мероприятиях просветительского, рекламно-маркетингового, образовательного характера;
- организация и проведение образовательных мероприятий, способствующих повышению квалификации специалистов разных областей в рамках реализации дорожной карты;
- публикации в средствах массовой информации, научно-технических изданиях, интернет-ресурсах по вопросам теоретического обоснования, развития, популяризации результатов совместной научно-исследовательской, образовательной, инновационной, консалтинговой, производственной деятельности, взаимная поддержка проектов, в том числе содействие в продвижении продуктов и услуг Сторон на внутреннем и внешних рынках;
- содействие сотрудничеству с институтами экономического развития, органами федеральной и региональной государственной власти в сфере продвижения интересов Сторон.

Ректор ГУАП

Антохина Ю.А.



Президент ассоциации

Бондаренко Р.В.





# БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!

Вопросы сюда

[chabalexandr@gmail.com](mailto:chabalexandr@gmail.com)

Живое общение  
здесь

<https://vk.com/chabalexandr>

Сайт

[ФПТИ.РФ](http://ФПТИ.РФ)

**Чабаненко Александр  
Валерьевич**