

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ «СТАНКИН»**



**Наука и образование в области
аддитивных технологий
в МГТУ «СТАНКИН»**

Подрабинник Павел Анатольевич

**Зам. нач. лаборатории инновационных аддитивных технологий
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»**

Содержание



Три основных вопроса при формировании курса «Аддитивные технологии»:

Кого готовить?

Как учить?

Кто преподает?



Цель – подготовить специалиста, обладающего знаниями и навыками в области аддитивных технологий (АТ)





Формирование основных компетенций

- Обладать знаниями о различных технологиях аддитивного производства, знать этапы производственного цикла деталей;
- Создание и корректировка средствами компьютерного проектирования цифровых трехмерных моделей изделий;
- Контроль качества исходных материалов;
- Подбор параметров аддитивного технологического процесса и разработывание оптимальных режимов производства изделий;
- Владение методиками контроля основных характеристик изготавливаемых деталей;
- Назначение соответствующих операций постобработки.

Подход к обучению



Три аспекта обучения:



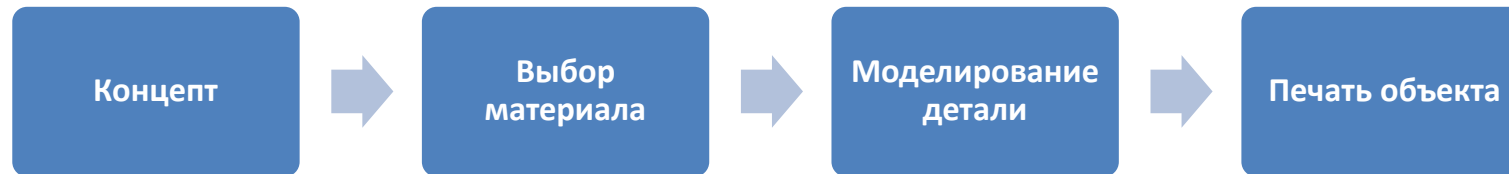
Подход к обучению



Сочетание эвристического и проблемного обучения в образовании

Тематически система лекций и практических занятий соответствует производственному циклу детали

Цель лекций – ответить на вопрос «Как изготовить деталь?»



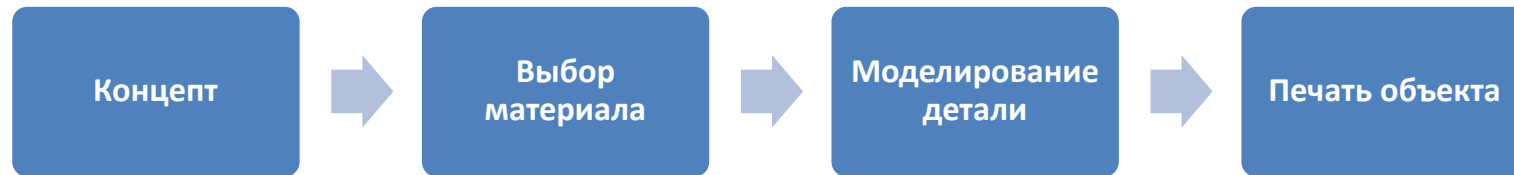
Подход к обучению



Сочетание эвристического и проблемного обучения в образовании

Тематически система лекций и практических занятий соответствует производственному циклу детали

Цель лекций – ответить на вопрос «Как изготовить деталь?»

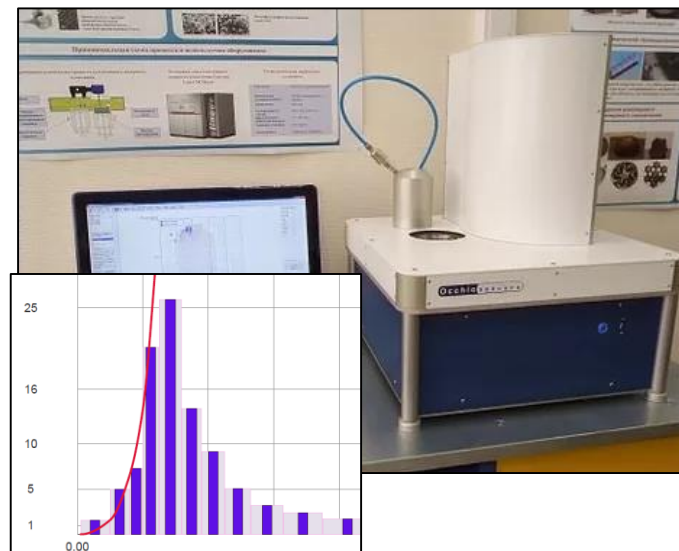




Практические занятия

Задачи практических и лабораторных занятий

- Демонстрация оборудования для аддитивного производства;
- Демонстрация процессов;
- Работа с материалами для аддитивных технологий (порошки и филаменты);
- Исследование свойств получаемых изделий (микроструктура и механические свойства).

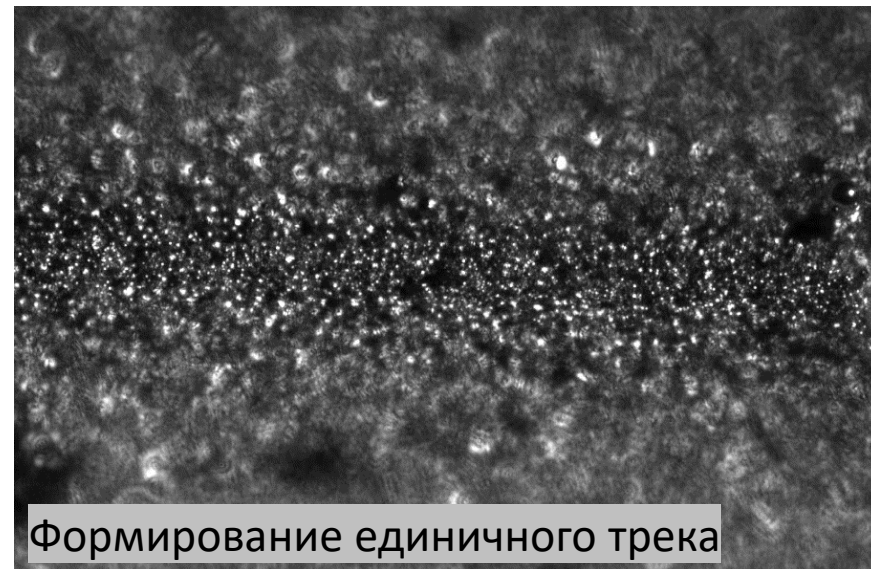
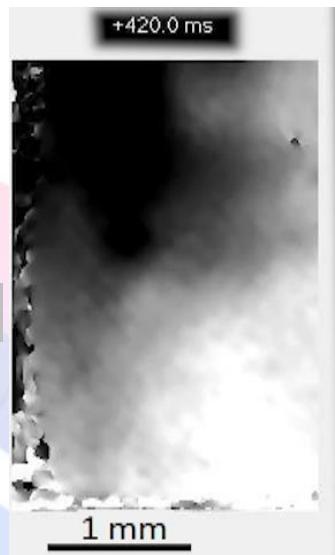
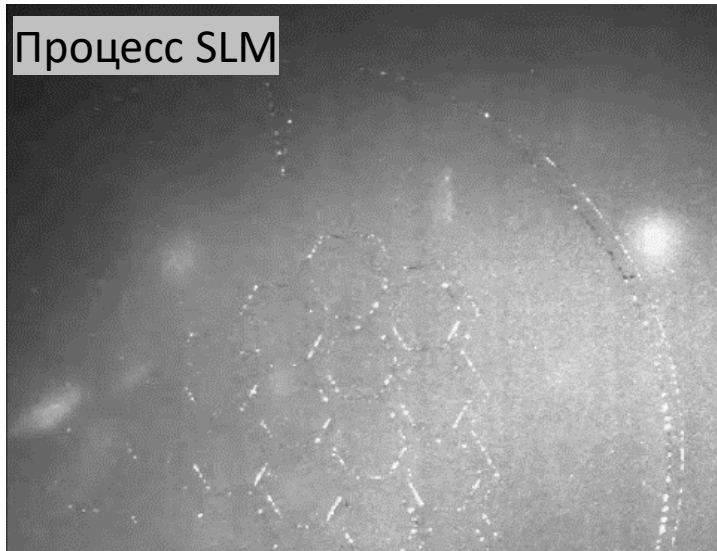


Демонстрация процессов

- Консолидация порошка материалов;
- Визуализация потоков;
- Параметризация SLM.



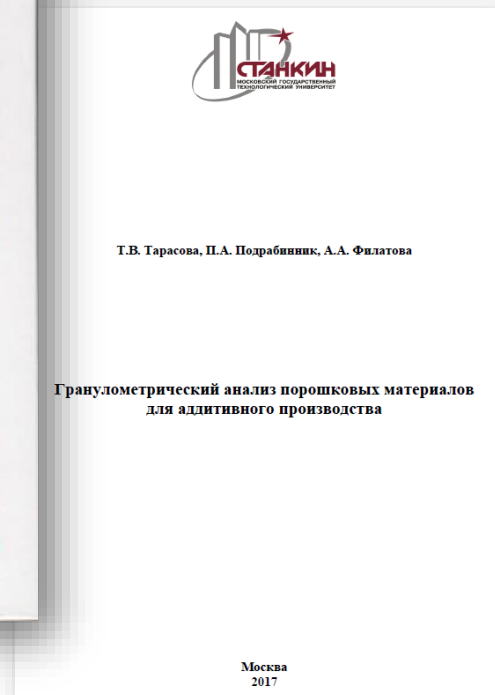
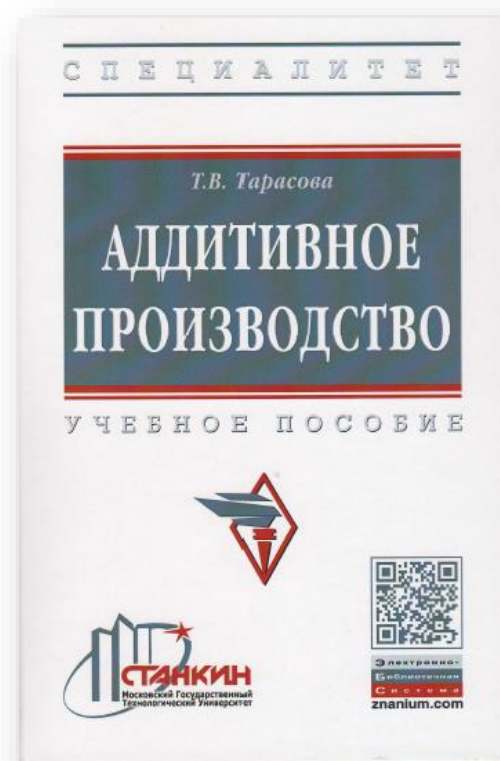
Лабораторный стенд СЛП



Самостоятельная работа



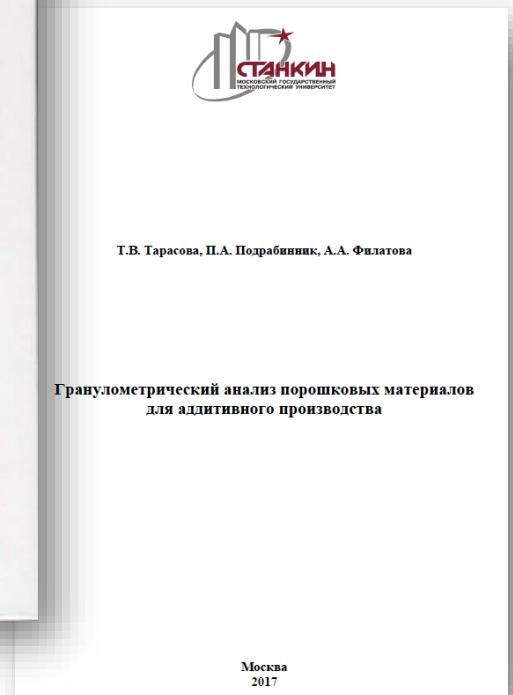
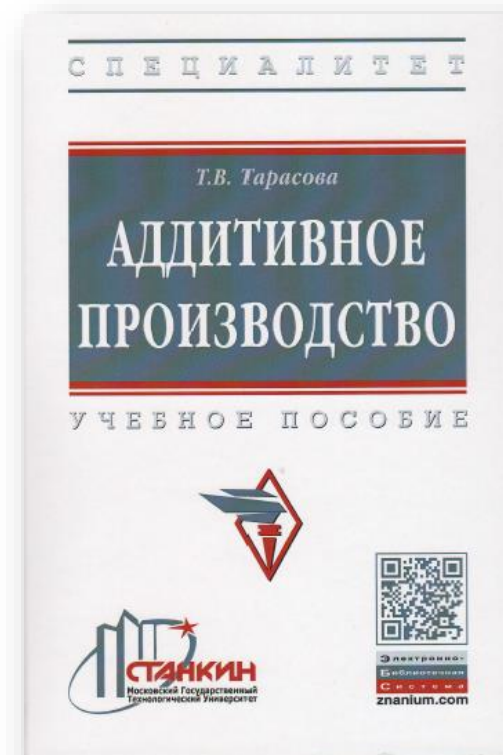
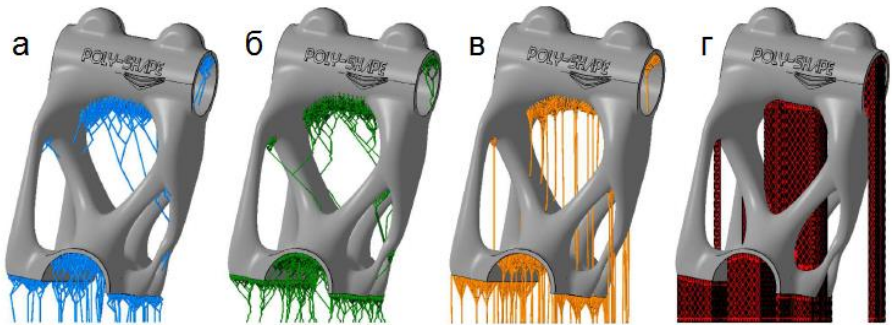
- Работа с дидактическими материалами;



Самостоятельная работа



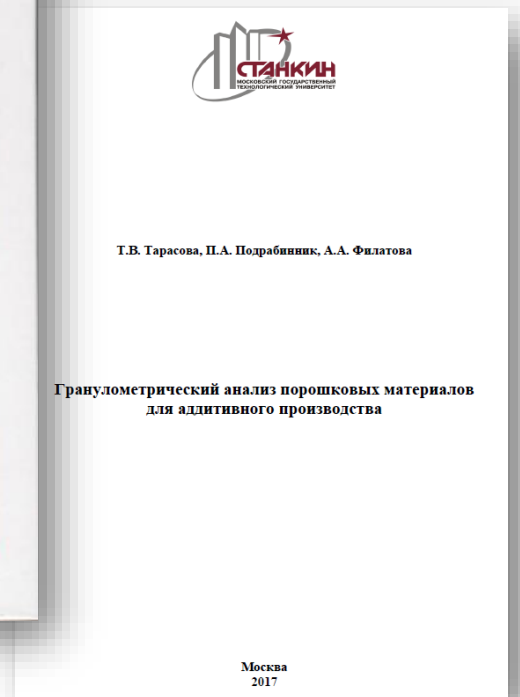
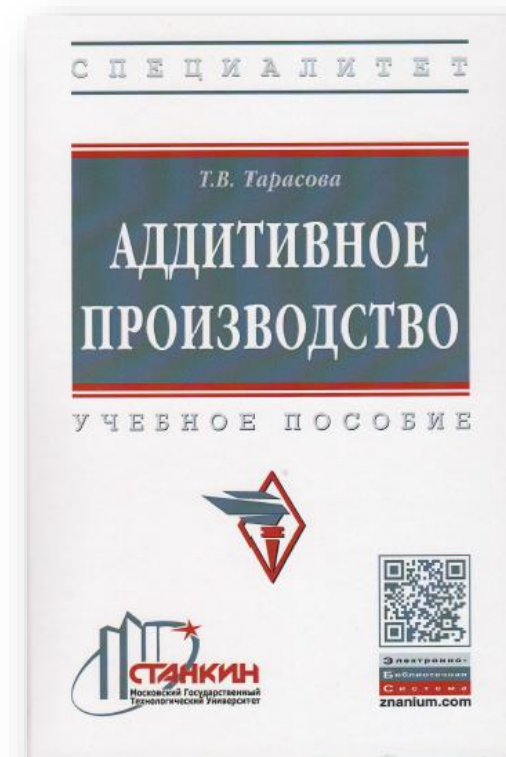
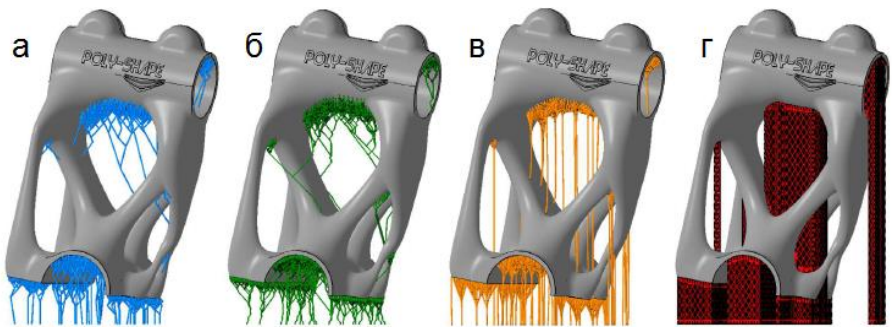
- Работа с дидактическими материалами;
- Создание моделей с поддерживающими конструкциями;



Самостоятельная работа



- Работа с дидактическими материалами;
- Создание моделей с поддерживающими конструкциями;
- Углубленное изучение последних достижений и разработок в области АТ, методов постобработки.



Самостоятельная работа



Неверная интерпретация тезисов, характеризующих преимущества АТ:

- **Complexity for free!**
- **Отсутствие ограничений по форме объекта.**
- **Замена традиционного производства аддитивными технологиями.**



1. Поддержки нависающих конструкций
2. Обеспечение возможности удаления порошка
3. Недостаточная шероховатость поверхностей



Объекты, полученные аддитивными технологиями, являются

высокотехнологичными заготовками
и требуют последующей обработки



Главное достоинство АТ становится
главной проблемой

Целесообразность и традиционные технологии

- Критерий целесообразности применения АТ – стоимость изготовления детали.
- Применение традиционных технологий неизбежно в производственной цепочке.



Преподаватели для курса «Аддитивные технологии»



Наука

НИР

НИОКР

Стажир
ОВКИ

Образование

Учебные
программы

Курсы
повышения
квалификации

Учебники,
монографии, пособия

Образовательные программы



Реализуются две образовательные программы, разработанные в ходе выполнения прикладных и фундаментальных НИР и НИОКР

- Учебная программа для бакалавров и магистров

- Курсы повышения квалификации и стажировки

Мегагрант «аддитивное производство»	2011-2016
-------------------------------------	-----------

Исследование условий послойного синтеза жаропрочных функционально-градиентных интерметаллидных структур методами аддитивных технологий	2014-2016
--	-----------

Разработка технологии селективного лазерного плавления композитных порошковых материалов с высоким содержанием твердых упрочняющих фаз для получения функциональных жаростойких изделий с повышенным комплексом механических свойств для использования в авиакосмической отрасли	2014-2016
--	-----------

Технологические основы повышения качества функциональных изделий, получаемых технологиями аддитивного производства посредством лазерного излучения, модуляцией распределения концентрированного потока энергии в зоне обработки.	2014-2016
--	-----------

Исследование механизмов селективного лазерного плавления порошков	2015-2019
---	-----------

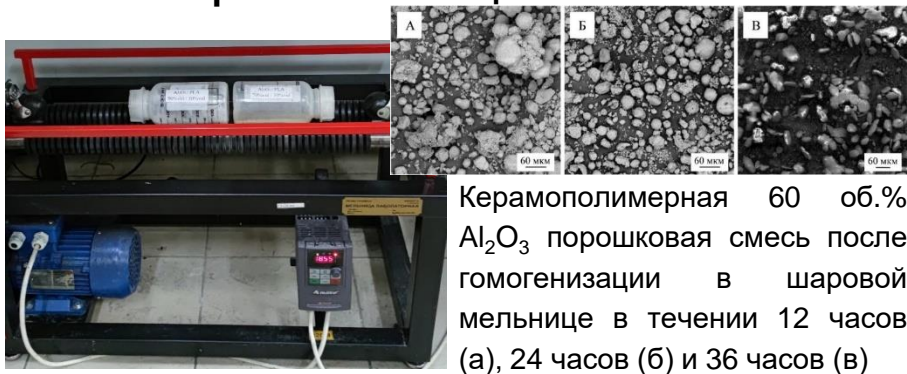
Исследование высокотемпературного тепло- и массопереноса при селективном лазерном плавлении порошка и лазерной наплавке методами оптической диагностики	2014-2016
---	-----------

Актуальное направление



FFF керамополимерной нитью для получения керамических изделий АТ

1. Приготовление керампolyмерной смеси в шаровой мельнице

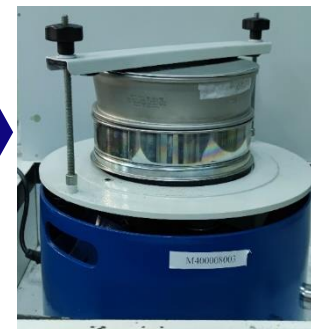


2. Высушивание керампolyмерной смеси



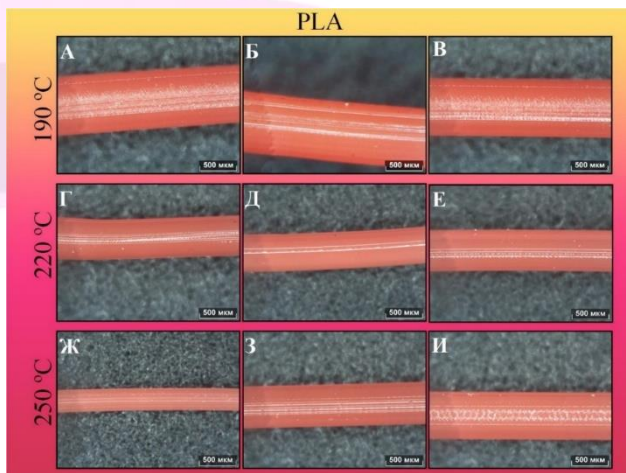
Просушивание велось в вакуумном шкафу на протяжении 24-х часов при температуре 90°C.

3. Просеивание керампolyмерной смеси



После просушивания порошки были просеяны с использованием вибромашины ВП-30 (Вибротехник, Россия) и сита с размером ячеек 100 мкм. Частота колебаний при просеивании - 1500 кол/мин.

4. Выбор режимов экструдирования керампolyмерной нити



Оптические фотографии нити PLA полученной при скорости печати 1,25 мм/с (а,г,ж), 1,4 мм/с (б,д,з) и 2 мм/с (в,е,и)

5. Экструдирование керампolyмерной нити

Из проведенного параметрического анализа были определены рациональные режимы печати для полилактида: температура 220 °С и скорость 1,4 мм/с и были использованы для экструдирования приготовленной керампolyмерной порошковой композиции.

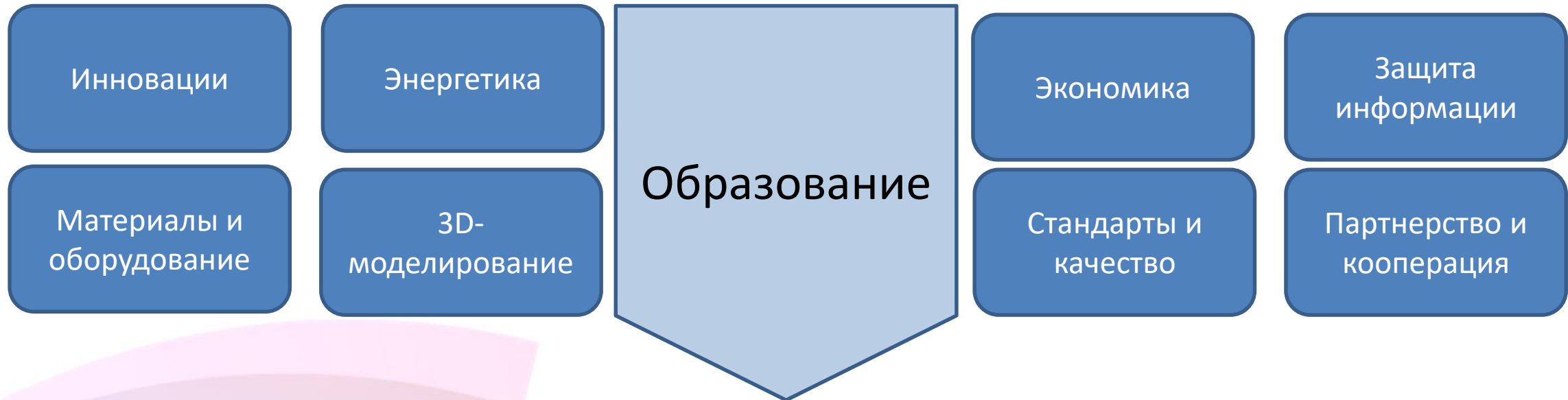


А) Засыпка порошкового материала в бункер, Б) Керампolyмерная нить, полученная на выходе из формообразующей головки экструдера

Заключение



Барьеры на пути более интенсивного внедрения аддитивных технологий*



Недостаток квалифицированных кадров;
Дилемма: повышение квалификации работников или подготовка специалистов с «нуля»;
Открытый доступ к знаниям;
Внедрение 3D-печати в школах;
Подготовка преподавательских кадров;
Баланс между общими и узкоспециализированными знаниями;
Кооперация с промышленными партнёрами;
Недостаток практических занятий.

*M. Despeisse, T. Minshall **Skills and Education for Additive Manufacturing: A Review of Emerging Issues** // Conference: IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems

Заключение



- Внедрение образовательного курса на 3-4 году обучения студента;
- Обладание студентом навыками моделирования и знания традиционных технологий;
- Наличие соответствующей материальной базы для демонстрации оборудования и процессов;
- Проведение НИР, участие в них преподавательского состава для совершенствования учебных программ и повышения качества образования;
- Разработка дидактических материалов для самостоятельной работы;
- Вовлечение в учебный процесс дисциплин, смежных с аддитивными технологиями (3D-сканирование, экономика, цифровые двойники).



СПАСИБО



Подрабинник Павел Анатольевич

**Зам. нач. лаборатории инновационных аддитивных технологий
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»**

liat-stankin.com