

Опыт применения аддитивных технологий в учебном процессе по курсу «Индустрия 4.0 в теплоэнергетике»

Юрий Вячеславович Люлин

к.ф.-м.н. доцент

каф. Теоретических основ теплотехники им. М.П. Вукаловича
(ТОТ), НИУ МЭИ



Бакалавриат 8 семестр 13.01.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Цифровизация в тепловой и возобновляемой энергетике»

Задачи:

- Формирование понимания ключевых цифровых технологий Индустрии 4.0;
- Закрепление навыков использования технологии компьютерного моделирования в САПР;
- Изучение основ аддитивного процесса производства с учетом всех его особенностей;
- Создание физической модели продукта (прототипирование).

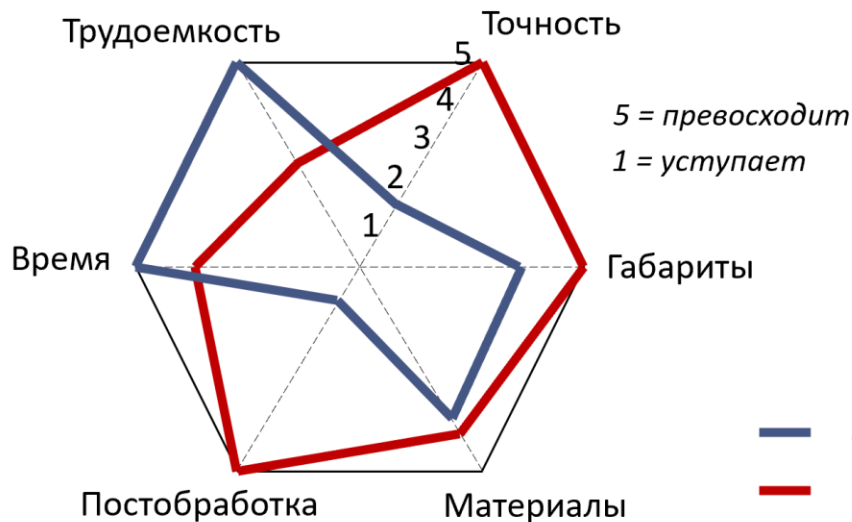
Освоение основных принципов разработки моделей прототипов теплообменных устройств на примере систем охлаждения электронной аппаратуры в объектах тепловой и возобновляемой энергетики.

Актуальность использования аддитивных технологий

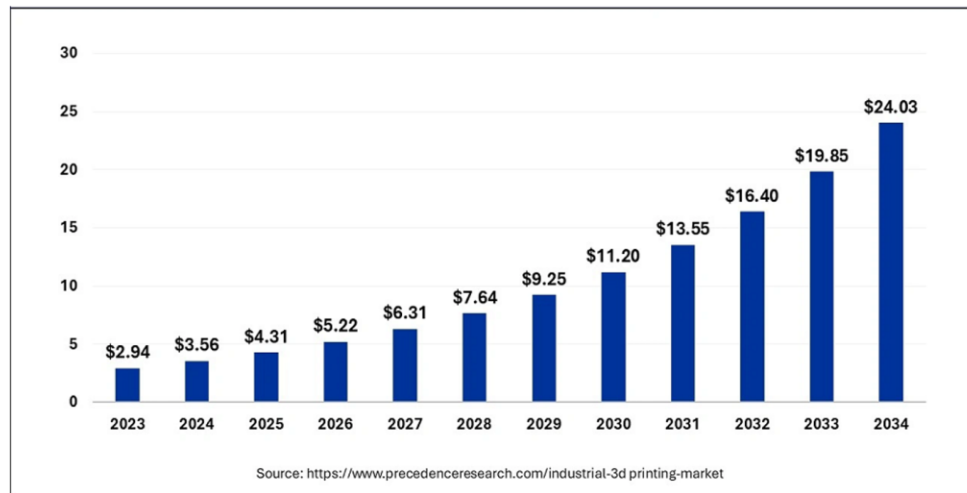


Аддитивное производство:

- Быстрый цикл производства
- Меньше отходов
- Сложная геометрия
- Стремительное развитие



Объем рынка промышленной 3D-печати в 2023-2034 гг, млрд долларов



Picaso 3D Designer X S2



Профессиональная
серия FDM-принтеров
промышленного уровня

Технология печати FDM / FFF;
Область печати 201x201x210 мм
Скорость печати до 150 мм/с
Толщина слоя от 0,01 мм
Температура экструдера до 430 °C
Материал: пластики (ABS, PLA, PETG, Nylon, PEEK, и др.)

Elegoo Saturn 4 Ultra



Скоростной
фотополимерный 3d-
принтер с оптической
системой высокого
разрешения на жидких
кристаллах (LCD).

Технология печати LCD
Область печати: 219 x 123 x 220 мм
Скорость печати до 150 мм/ч
Толщина слоя от 0,01 мм
Материал: Фотополимерные
смолы

Примеры проектов

Разработка освещения теплиц на основе фитоматриц

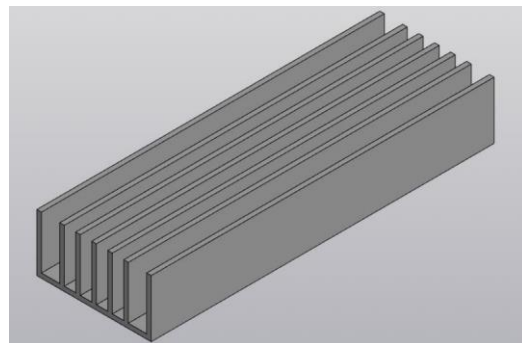


$$\alpha_2 = \frac{\alpha_{2пр} \left(\frac{28.061}{33.689} \frac{39.322}{44.96} \frac{50.604}{56.253} \right) \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}}{\left(\frac{\mu_{\text{межреб}}}{F} + E_{\text{теор}} \frac{\mu_{\text{реб}}}{F} \right)}$$

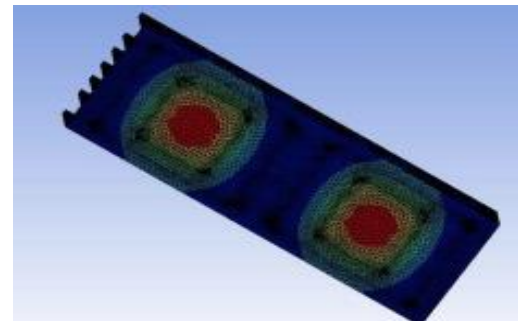
$$E_{\text{теор}} = \frac{\left(\frac{1 - e^{-2m \cdot h_{\text{реб}}}}{1 + e^{-2m \cdot h_{\text{реб}}}} \right)}{m \cdot h_{\text{реб}}} = \begin{pmatrix} 0.998 \\ 0.997 \\ 0.997 \\ 0.996 \\ 0.996 \\ 0.995 \end{pmatrix}$$

$$w_{\text{вен}} = \frac{Re \cdot \vartheta_{\text{возд}}}{l_{\text{опр}}} = \begin{pmatrix} 0.014 \\ 0.018 \\ 0.022 \\ 0.026 \\ 0.03 \\ 0.034 \end{pmatrix} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

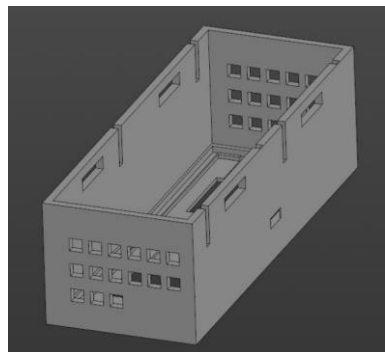
Расчеты SMath



3D модель радиатора



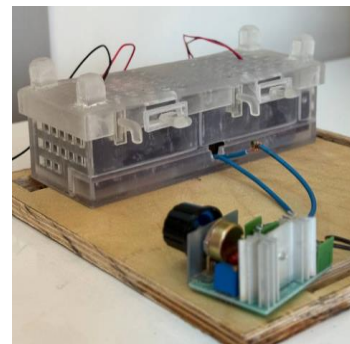
Численные расчеты



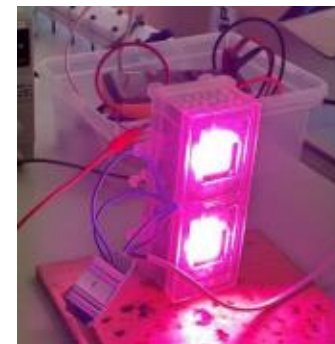
3D модель корпуса



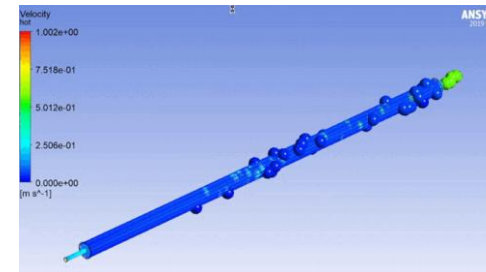
3D печать



Сборка

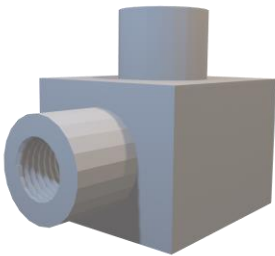


Тестирование



3D модель теплообменника

Численные расчеты



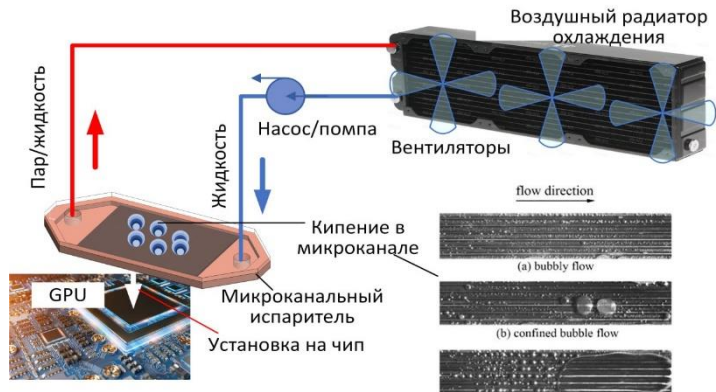
3D модель деталей

3D печать

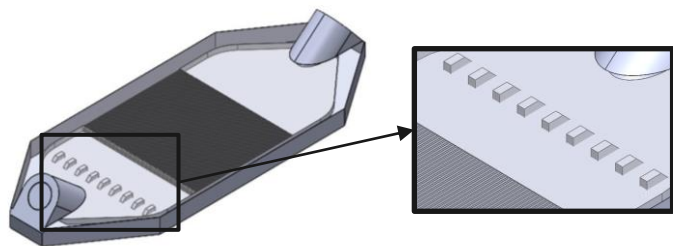
Сборка

Примеры проектов

Двухфазная система охлаждения с микроканальным испарителем и принудительной прокачкой хладагента

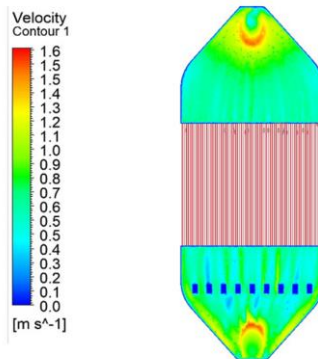


Разработка системы



3D модель

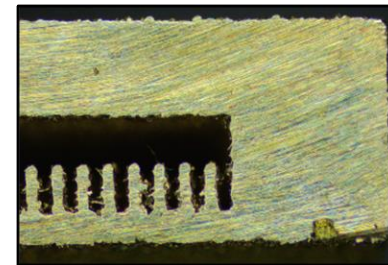
Численные расчеты



Интенсив «От идеи к прототипу» **20.35** УНИВЕРСИТЕТ



3D печать



Trumpf Truprint 1000 в лаборатории аддитивных технологий Сколковского института науки и технологий

Примеры проектов

Разработка прототипа водоблока для охлаждения серверных процессоров в дата-центрах



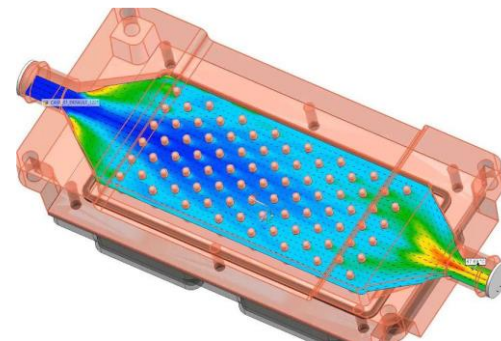
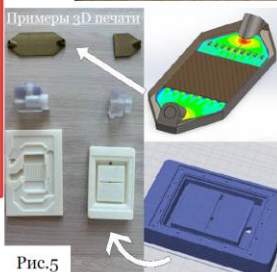
Имеющийся задел

Имеющиеся ресурсы:

- Лабораторная база.
- Испытательный полигон для экспериментов и тестов.
- Большой опыт в печати на 3D принтере, расчетах CFD и проведении экспериментальных опытов.

Оборудование:

1. Персональный компьютер для сбора, обработки и визуализации экспериментальных данных.
2. Фрезерный станок ЧПУ AMAN 3040 Z13 4axis 1500W IR (USB).
3. Лабораторный блок питания Wanptek KPS30010D.
4. Источники питания постоянного тока MCH K305D-II (30 В, 5 А).
5. Экструзионный 3D принтер Picaso 3D Designer X S2.
6. Фотополимерный 3D принтер Elegoo Saturn 4 Ultra.
7. УФ-камера UniFormation Resin Curing Station D265.



ФОНД СОДЕЙСТВИЯ
ИННОВАЦИЯМ

Студенческий
Стартап

VI очередь

ФОНД СОДЕЙСТВИЯ
ИННОВАЦИЯМ

ПЛАТФОРМА
УНИВЕРСИТЕТСКОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА

Преимущества использования 3D печати



- ✓ **Практическое обучение:** 3D-печать позволяет проводить практические занятия по инженерным наукам. Создавая реальные объекты, студенты лучше понимают теорию. Например, они могут разрабатывать и тестировать прототипы теплообменных устройств.
- ✓ **Визуализация знаний:** 3D-модели помогают студентам глубже понять строение и принципы работы различных устройств.
- ✓ **Творческие и инженерные навыки:** студенты могут создавать собственные проекты, моделировать их с помощью CAD-программ и воплощать в жизнь на 3D-принтере.
- ✓ **Совместная работа:** в процессе проектирования студенты часто сотрудничают, обсуждают идеи, распределяют задачи и решают проблемы.
- ✓ **Междисциплинарный подход:** проекты объединяют знания из разных областей, таких как теплотехника, проектирование, программирование, материаловедение и дизайн.
- ✓ **Инновации и конкурсы:** 3D-технологии усиливают заявки на конкурсы, гранты и стартапы. Эксперты высоко оценивают возможность студенческих коллективов создавать реальные прототипы продуктов или устройств.

Недостатки использования 3D печати



- ✓ **Финансовые затраты:** Для покупки 3D-принтеров и их интеграции в образовательный процесс нужны дополнительные средства.
- ✓ **Специальное помещение:** Для работы 3D-принтеров необходимо отдельное помещение с принудительной вентиляцией, так как они выделяют запах разогретого полимерного материала.
- ✓ **Планирование занятий:** 3D-печать занимает много времени. Одна деталь может печататься несколько часов, что затрудняет её изготовление в рамках одного урока. Это требует дополнительного времени преподавателя.
- ✓ **Обслуживание техники:** Преподаватель должен разбираться в работе оборудования и уметь устранять мелкие поломки. Также могут возникнуть сложности с поиском запасных частей для ремонта, особенно для редких моделей. Требуется помощь квалифицированного инженера.
- ✓ **Отсутствие базовых навыков:** Большинство студентов группы впервые столкнулись с 3D-печатью. Есть необходимость ввести отдельный курс по аддитивным технологиям для технических специальностей. Он должен идти параллельно с изучением CAD-программ, проектирования и численного моделирования.



- Технологии аддитивного производства открывают новые горизонты в сфере инженерного образования.
- Применение 3D-печати делает процесс обучения более увлекательным, интерактивным и практичным.
- 3D-печать помогает студентам развивать новые навыки, реализовывать свои идеи и учиться на практике.
- В будущем 3D-печать станет ещё более значимым инструментом в инженерном образовании, делая его более доступным, интересным и результативным.



Благодарю за внимание!