

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники

Семиглазов В.А.

3D ТЕХНОЛОГИИ

Учебно-методическое пособие по практической и самостоятельной работе

Томск
2023

УДК 004.9
ББК 30.2-5-05
С306

Рецензент:

Курячий М. И., доцент кафедры телевидения и управления ТУСУР, канд. техн. наук

Семиглазов, Вадим Анатольевич

С306 **3D Технологии:** Учебно-методическое пособие по практической и самостоятельной работе / Семиглазов В.А. – Томск: гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2023. – 75 с.

Учебно-методическое пособие предназначено для работы на практических занятиях и для самостоятельной работы студентов направления 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» по дисциплине «3D технологии».

Целью изучения дисциплины «3D технологии» является формирование и развитие у студентов технических направлений подготовки практических компетенций в области трехмерных технологий, изучение применяемого оборудования в отрасли, а также специализированного программного обеспечения.

Одобрено на заседании каф. ТУ протокол № 3 от 15.02.2023

УДК 004.9
ББК 30.2-5-05

© Семиглазов В.А., 2023
© Томск: гос. ун-т систем упр.
и радиоэлектроники, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

МОДУЛЬ 1. ВВЕДЕНИЕ В 3D ТЕХНОЛОГИИ	4
Задание Глоссарий.	4
Как работать с Глоссарием	5
Интерактив. История 3D технологий	6
Тест. Введение в 3D технологии	7
Вопросы для самостоятельной проработки.	7
МОДУЛЬ 2. ТЕХНОЛОГИИ 3D ПЕЧАТИ	9
Задание. Выбор технологии и материала для 3D печати	9
Задание. БД Расходные материалы для 3D печати	9
Задание. БД Принтеры для 3D печати	10
Интерактив. Технологии 3D печати	12
Тест. Технологии 3D печати	12
Вопросы для самостоятельной проработки.	13
МОДУЛЬ 3. ТЕХНОЛОГИИ 3D СКАНИРОВАНИЯ	14
Задание. БД 3D сканеры	14
Интерактив. Технологии 3D сканирования	15
Тест. Технологии 3D сканирования	16
Вопросы для самостоятельной проработки.	16
МОДУЛЬ 4. ТЕХНОЛОГИИ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ	18
Задание. Выбор типа (вида) моделирования	18
Выбор технологии 3D моделирования	18
Интерактив. Технологии 3D моделирования	28
Технологии 3D моделирования	29
Вопросы для самостоятельной проработки.	29
МОДУЛЬ 5. ВЫБОР 3D ТЕХНОЛОГИИ	31
Задание. Выбор материала и 3D принтера	31
Схема выбора подходящего материала для 3D-печати	32
Выбор 3D принтера	35
Задание. Выбор 3D сканера	56
Выбор 3D сканера	57
Задание. Выбор ПО для моделирования	65
Выбор ПО для моделирования	65
Интерактив. Выбор ПО для обработки сканов	68
Тест. Выбор 3D технологии	68
Вопросы для самостоятельной проработки.	68
МОДУЛЬ 6. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ 3D ТЕХНОЛОГИЙ	70
Интерактив. Классификация ПО для 3D моделирования	70
Интерактив. Программное обеспечение 3D технологий	70
Тест. Программное обеспечение 3D технологий	71
Вопросы для самостоятельной проработки.	71
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	73

МОДУЛЬ 1. ВВЕДЕНИЕ В 3D ТЕХНОЛОГИИ

ЗАДАНИЕ ГЛОССАРИЙ.

Создание записи по определению термина, понятия, явления, имеющих отношения к изучаемому курсу.

Запись состоит из Слова, Определения, Ключевых слов.

(Необходимо ставить галочку автосвязывания при создании записи)

Каждая запись оценивается от до 0 до 2 баллов, причем, 0 баллов - запись не принята, 1 балл - простая текстовая запись, 2 балла - текстовая запись с иллюстрацией.

Допускается несколько записей по одному Слову.

Максимальное количество баллов за семестр - 20.

Пример правильно оформленной новой записи в Глоссарии:

АБС-пластик (акрилонитрил-бутадиен-стирол, **ABS**) - на сегодняшний день это самый популярный полимер из используемых в 3D-печати. АБС-пластик - это ударопрочный термопластичный полимер, полученный сополимеризацией акрилонитрила с бутадиеном и стиролом (название пластика образовано из начальных букв наименований мономеров). *Пропорции этих компонентов (см. Рисунок) в составе АБС-пластика могут варьироваться в пределах 15—35 % для акрилонитрила, 5—30 % для бутадиена и 40—60 % для стирола.

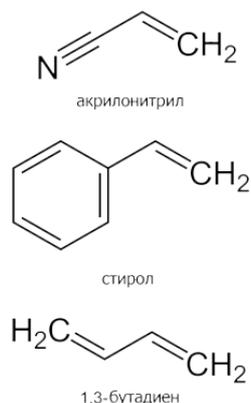


Рисунок. Мономеры для синтеза АБС-пластика

Широкое распространение АБС-пластика обуславливается отличными механическими свойствами (табл.), долговечностью и низкой стоимостью этого материала. АБС-пластик получил широкое применение в промышленности. Он применяется для изготовления:

- деталей автомобилей (приборных щитков, элементов ручного управления, радиаторной решётки);
- корпусов крупной бытовой техники, радио- и телеаппаратуры, деталей электроосветительных и электронных приборов, пылесосов, кофеварок;
- пультов управления;
- телефонов, факсовых аппаратов, компьютеров, мониторов, принтеров, калькуляторов, другой бытовой и оргтехники;
- корпусов промышленных аккумуляторов;
- спортивного инвентаря;
- деталей оружия;
- мебели;
- сантехники;
- выключателей и тумблеров;
- канцелярских изделий;
- музыкальных инструментов;
- игрушек и детских конструкторов;
- чемоданов и контейнеров;
- деталей медицинского оборудования и медицинских принадлежностей;

– смарт-карт.

Кроме того, АБС-пластик применяется как добавка, повышающая теплостойкость и улучшающая перерабатываемость композиционных материалов на основе поливинилхлорида (ПВХ), как добавка, повышающая ударную вязкость полистирола, а также как добавка снижающая цену поликарбонатов.

Таблица Свойства АБС-пластиков для 3D-печати

Показатель	Значение
Температура стеклования, °С	~ 105
Прочность на изгиб, МПа	41
Предел прочности на разрыв, МПа	22
Модуль упругости при растяжении, МПа	1627
Относительное удлинение, %	6
Усадка при охлаждении, %	До 0,8
Плотность материала, г/см ³	~ 1,05

АБС-пластик устойчив к влаге, кислотам и маслу, имеет достаточно высокие показатели термоустойчивости - от 90 °С до 110 °С. К сожалению, некоторые виды материала разрушаются под воздействием прямого солнечного света, что несколько ограничивает применение. В то же время АБС-пластик легко поддается окраске, что позволяет наносить защитные покрытия на немеханические элементы.

Как работать с Глоссарием

Студент на странице Курса щёлкает по названию Глоссария и на экране появляется такая форма (Рисунок 1.1):

Задание. Глоссарий

 [Версия для печати](#)

Задание Глоссарий.

Создание записи по определению термина, понятия, явления, имеющих отношения к изучаемому курсу.

Запись состоит из Слова, Определения, Ключевых слов.
(Необходимо ставить галочку автосвязывания при создании записи)

Каждая запись оценивается от 0 до 2 баллов, причем, 0 баллов - запись не принята, 1 балл - простая текстовая запись, 2 балла - текстовая запись с иллюстрацией.

Допускается несколько записей по одному Слову.

Максимальное количество баллов за семестр - 20.

Полнотекстовый поиск

Обзор глоссария по алфавиту

[Специальные](#) | [А](#) | [Б](#) | [В](#) | [Г](#) | [Д](#) | [Е](#) | [Ё](#) | [Ж](#) | [З](#) | [И](#) | [К](#) | [Л](#) | [М](#) | [Н](#) | [О](#) | [П](#) | [Р](#) | [С](#) | [Т](#) | [У](#) | [Ф](#) | [Х](#) | [Ц](#) | [Ч](#) | [Ш](#) | [Щ](#) | [Э](#) | [Ю](#) | [Я](#) | [Все](#)

В

Виды технологий по Дж. Вудворд

Рисунок 1.1. Глоссарий

Как видно, в форме присутствует кнопка «Добавить новую запись». Значит, преподаватель позволил Студентам добавлять новые термины.

Чтобы добавить новый термин или понятие, необходимо нажать «Добавить новую запись» (Рисунок 1.2).

Общее

Слово **!**

Определение **!**

Описание нового термина с иллюстрациями

Ключевое(ые) слово(а) **?**

Вложение **?** Максимальный размер новых файлов: 500Мбайт, максимальное количество прикрепленных файлов: 99

Для загрузки файлов перетащите их сюда.

Автосвязывание

Эта запись должна автоматически связываться **?**

Необходимо ставить галочку автосвязывания при создании записи

Рисунок 1.2. Добавление новой записи в Глоссарий

ИНТЕРАКТИВ. ИСТОРИЯ 3D ТЕХНОЛОГИЙ

Задание носит не обязательный характер. Максимальное количество баллов за него – 5.

Суть задания заключается в хронологической расстановке событий, связанных с историей развития 3D технологий (Рисунок 1.3).

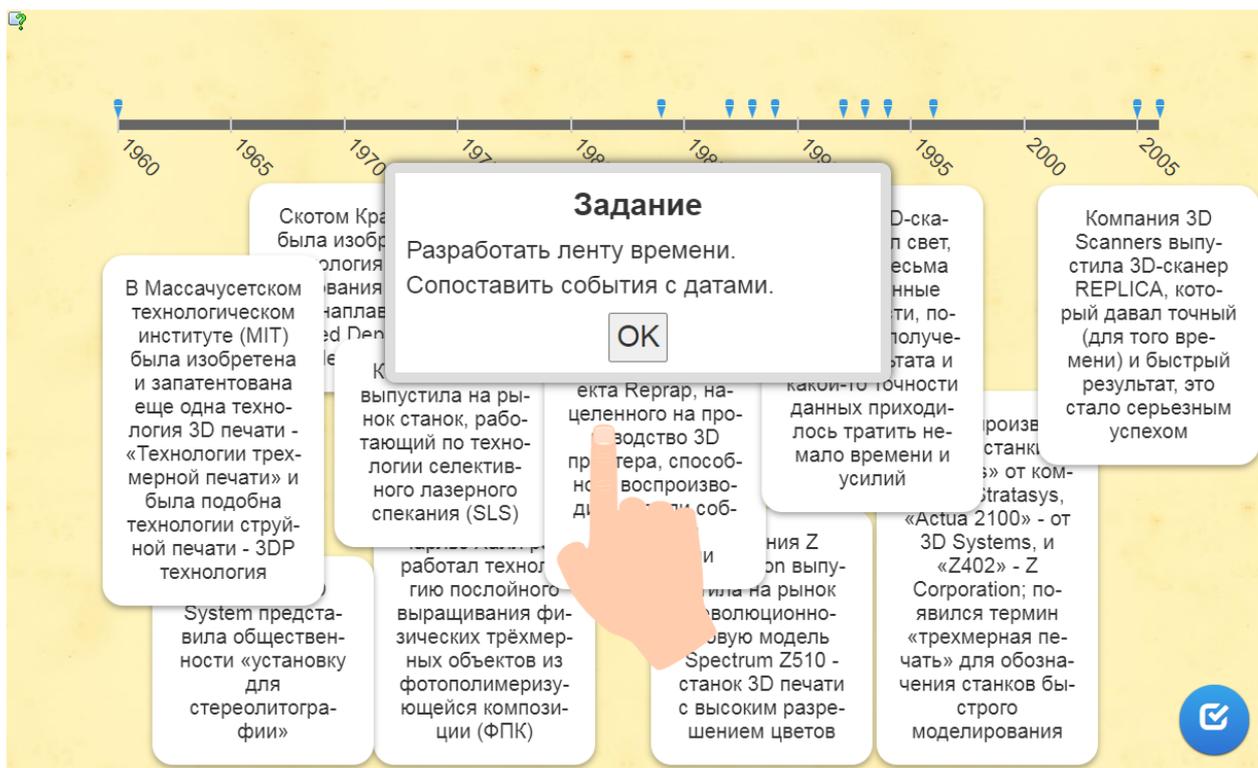


Рисунок 1.3 Интерактив. История 3d технологий

ТЕСТ. ВВЕДЕНИЕ В 3D ТЕХНОЛОГИИ

Тестовое задание по первому модулю электронного курса.

Разрешено попыток: 5. Метод оценивания: Высшая оценка. Проходная оценка: 2,00 из 3,00

Пример тестового задания на рисунке 1.4.

Вопрос 2
Пока нет ответа
Балл: 1,00
Отметить вопрос
Редактировать вопрос

Для чего применяется 3D печать в ювелирной промышленности

Выберите один или несколько ответов:

- Производство форм для литья
- Проверка и реализация дизайнерских замыслов
- Изготовление прототипа украшения по индивидуальным заказам
- 3D печать ювелирных изделий драгоценными металлами

Предыдущая страница Следующая страница

Рисунок 1.4 Тестовое задание

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПРОРАБОТКИ.

1. Что такое 3D-технологии, и каким образом их можно использовать в повседневной жизни?
2. Какие программы можно использовать для создания 3D-моделей, и какой из них является самым популярным?
3. Какие преимущества имеет 3D-печать, и какие процессы она включает в себя?
4. Какие существуют виды 3D-сканеров, и как работает процесс сканирования объектов?
5. Каким образом можно использовать 3D-моделирование в обучении и образовании?
6. Какие материалы могут быть использованы при 3D-печати, и какие достоинства и недостатки каждого из них?
7. Как создать и распечатать 3D-модель на примере простого объекта, такого как куб?

8. Как создать реалистичную 3D-модель человека или животного?
9. Какие технические характеристики имеют значение при выборе 3D-принтера для домашнего использования?
10. Какие факторы влияют на качество распечатанной 3D-модели, и как их можно корректировать?
11. Как использовать 3D-моделирование для создания игр и анимации?
12. Как работает техника лазерного скульптурирования и как ее использовать для создания 3D-моделей?
13. Как работают 3D-ручки, и для чего они могут использоваться?
14. Как использовать 3D-модели для создания прототипов изделий и механизмов?
15. Каким образом можно использовать 3D-сканирование для создания портретов или других предметов для фотографии и видео?
16. Каким образом 3D-принтеры могут использоваться в медицине, и какие болезни могут быть лечены с их помощью?
17. Каким образом 3D-технологии могут помочь в дизайне интерьера и архитектуре?
18. Каким образом приложения виртуальной реальности взаимодействуют с 3D-технологиями, и как их можно использовать в различных областях?
19. О чем нужно помнить при работе с 3D-моделями и их последующей распечаткой?
20. Какие перспективы предоставляет использование 3D-технологий в будущем, и как их развитие будет влиять на нашу жизнь?

МОДУЛЬ 2. ТЕХНОЛОГИИ 3D ПЕЧАТИ

ЗАДАНИЕ. ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛА ДЛЯ 3D ПЕЧАТИ

Заполните [таблицу](#) (колонки 4 - 6) для решения задач, сформулированных в колонке 3 напротив своего варианта.

Таблица 2.1 Выбор технологии и материала для 3d печати

1	2	3	4	5	6
Вариант	ФИО	Задание	Технология	Материал	Обоснование
		1 Необходимо изготовить копию предмета большого размера. Выберите технологию и материал печати, которые обеспечат оптимальное соотношение качества и стоимости.			
		2 Напечатать прототип миниатюрного механизма для проверки изделия на собираемость.			

В ответ на это задание напишите "Готово" после выполнения.

Максимальное количество баллов за задание - 20

Критерии правильного подбора:

В колонке 4 должна быть указана подходящая технология, а в колонке 5 - материал для решения задач (колонка 3), а в колонке 6 обоснование выбора технологии и материала.

ЗАДАНИЕ. БД РАСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ 3D ПЕЧАТИ

Создание записи по расходным материалам для 3D печати по всем технологиям аддитивного производства.

Запись состоит из нескольких обязательных и не обязательных полей, характеризующих материал.

Каждая запись оценивается от 0 до 3 баллов, причем, 0 баллов - запись не принята, 1 балл - заполнено до 10 полей, 2 балла - до 20 полей, 3 балла - 30 и более полей.

Допускается несколько записей по одному элементу.

Максимальное количество баллов за семестр - 30.

Пример правильно оформленной новой записи в базе данных:

Название сокращенное рус.: **АВС**

Название сокращенное лат: **ABS**

Полное наименование: **Акрилонитрил-бутадиен-стирол**

Технология печати (аббревиатура): **FDM (FFF)**

Цветность: **Многоцветный**

Имитация (для композитов):

Цена за кг, руб.: **1200**

Водопоглощение, %: **0**

Морозостойкость, °С:

Модуль упругости при изгибе, МПа:

Модуль упругости при растяжении, МПа: **1700**

Молекулярная масса, а.е.:

Относительное удлинение, %: **10**

Плотность материала, г/см³: **1**

Предел прочности на разрыв, МПа: **22**

Предел прочности при изгибе, МПа: **50**

Предел прочности при растяжении, МПа: **35**

Размер мельчайших деталей, мм:

Степень кристалличности, %:
 Твердость (по Роквеллу), R:
 Твердость по Бринеллю, МПа: 90
 Температура плавления, °С: 210
 Температура деструкции, °С:
 Температура деструкции, °С:
 Температура размягчения, °С: 90
 Температура стеклования, °С: 105
 Теплостойкость (по Вика), °С:
 Теплостойкость по Мартенсу, °С: 86
 Ударная вязкость с надрезом, кДж/м²: 10-30
 Ударная вязкость, кДж/м²:
 Электропроводность: Диэлектрик

Для 3D печати

Толщина слоя: на 20 % меньше диаметра сопла
 Скорость печати, мм/с: 30-60
 Температура стола, °С: 80-115
 Коэффициент подачи пластика: 0,85-0,95
 Обдув модели при печати:
 Точность печати, %:
 Минимальная толщина стенок, мм:
 Усадка при охлаждении, %: 0,4-0,7

Состав и свойства:

В составе АБС-пластика могут варьироваться в пределах 15—35 % для акрилонитрила, 5—30 % для бутадиена и 40—60 % для стирола.

- Вещество светлого, немного желтого оттенка. При желании его легко покрасить в любой нужный цвет либо, наоборот, сделать прозрачным;
- Рабочая температура имеет довольно широкий диапазон: от -40 до +70-80 °С градусов;
- Размягчается при t выше 90°С, его можно формовать при температуре плавления АБС пластика 200-260 °С. Материал разгорается при 395 °С;
- Плотность пластика составляет 1,02-1,08 г/куб. см;
- АБС-пластик прочный, вязкий, упругий. Поэтому он может использоваться для выпуска ударопрочных деталей;
- Практически отсутствует влагопоглощение. Она равна 0,2-0,4%;
- Поверхность – глянцевая;
- Не реагирует с маслами, жирами, нефтепродуктами, щелочами, солями и кислотами;
- Хорошая способность к сварке.

ЗАДАНИЕ. БД ПРИНТЕРЫ ДЛЯ 3D ПЕЧАТИ

Создание записи по принтерам для 3D печати по технологиям аддитивного производства (FDM, LCD, SLA, DLP, LFS).

Запись состоит из нескольких обязательных и не обязательных полей.

Каждая запись оценивается от до 0 до 3 баллов, причем, 0 баллов - запись не принята, 1 балл - заполнено до 10 полей, 2 балла - до 20 полей, 3 балла - 30 и более полей с иллюстрациями и ссылками.

Допускается несколько записей по одному элементу.

Максимальное количество баллов за семестр - 30.

Пример правильно оформленной новой записи в базе данных:

Название: **Picaso Designer X Pro S2**

Технология печати (аббревиатура): FDM

Производитель: PICASO 3D

Сайт производителя: [PICASO 3D](#)

Сайт продавца: [Top 3D Shop](#), ИП Баусов Д.В., Россия, г. Санкт-Петербург

ПЕЧАТЬ

Количество экструдеров: 1

Тип экструдера: Direct

Количество сопел: 2

Источник УФ:

Длина волны УФ, нм:

Лазер:

Длина волны лазера, нм:

Диаметр пятна лазера, мкм:

Дисплей:

Разрешение печати по дисплею:

Область печати: 201x201x210

Скорость печати, см³/час: до 130

Диаметр сопла, мм: 0,5

Толщина слоя, мкм: от 10 микрон (0.01 мм)

Точность позиционирования, мкм: XY: 11 микрон; Z: 1.25 микрон

Шаг пикселя, мкм:

Разрешение в X и Y осях, мкм:

Диаметр пластиковой нити, мм: 1.75±0.1 мм

Максимальная температура печати, °C: 410

Наличие подогреваемого стола: Да

Тип стола: Алюминий, стекло

Максимальная температура стола, °C: 150

Активный подогрев камеры, °C: до 80

Относительная влажность, %:

Температура помещения, °C:

МАТЕРИАЛ

Материал печати: ABS, ASA, FLEX, Flex (TPE), Flex (TPU), HIPS, Nylon, PA, PC, PETG, PLA, PMMA, PP, PPS, PS, PVA, RUBBER, SBS, TPU, WOOD (древесный), Металлический

МЕХАНИКА, ЭЛЕКТРИКА

Корпус: Алюминий (композит)

Рама: Сталь

Направляющие: XY: рельсовые (сталь); Z: цилиндрические (сталь)

Система кинематики:

Дополнительные функции: Система вентиляции корпуса, контроль подачи пластика, встроенный режим сушки, контроль платформы, удаленное управление

Размер принтера, мм: 390x425x525

Вес оборудования, кг: 16,5

Работа в электросетях: 220 В±15% 50 Гц,(опция 110 В±15% 60 Гц)

Максимальная потребляемая мощность, Вт: 400

ПРОГРАММНОЕ И АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Программное обеспечение: PICASO 3D Polygon X™

Типы файлов: *.gcode, *.plgх, *.stl, *.obj, *.3ds, *.amf

Операционная система: Windows XP, Windows 7, Windows 8 и выше

Уровень шума, дБ: 55 дБа

Интерфейсы: Ethernet, USB Flash, Wi-Fi

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Область применения:

Сертификаты соответствия:

Гарантия производителя: 2 года

Фото оборудования:



ИНТЕРАКТИВ. ТЕХНОЛОГИИ 3D ПЕЧАТИ

Задание носит не обязательный характер. Максимальное количество баллов за него – 10. Количество попыток: Не ограничено. Метод оценивания: Среднее попыток.

Суть задания заключается в идентификации технологии 3D печати по представленному видео (Рисунок 2.1).

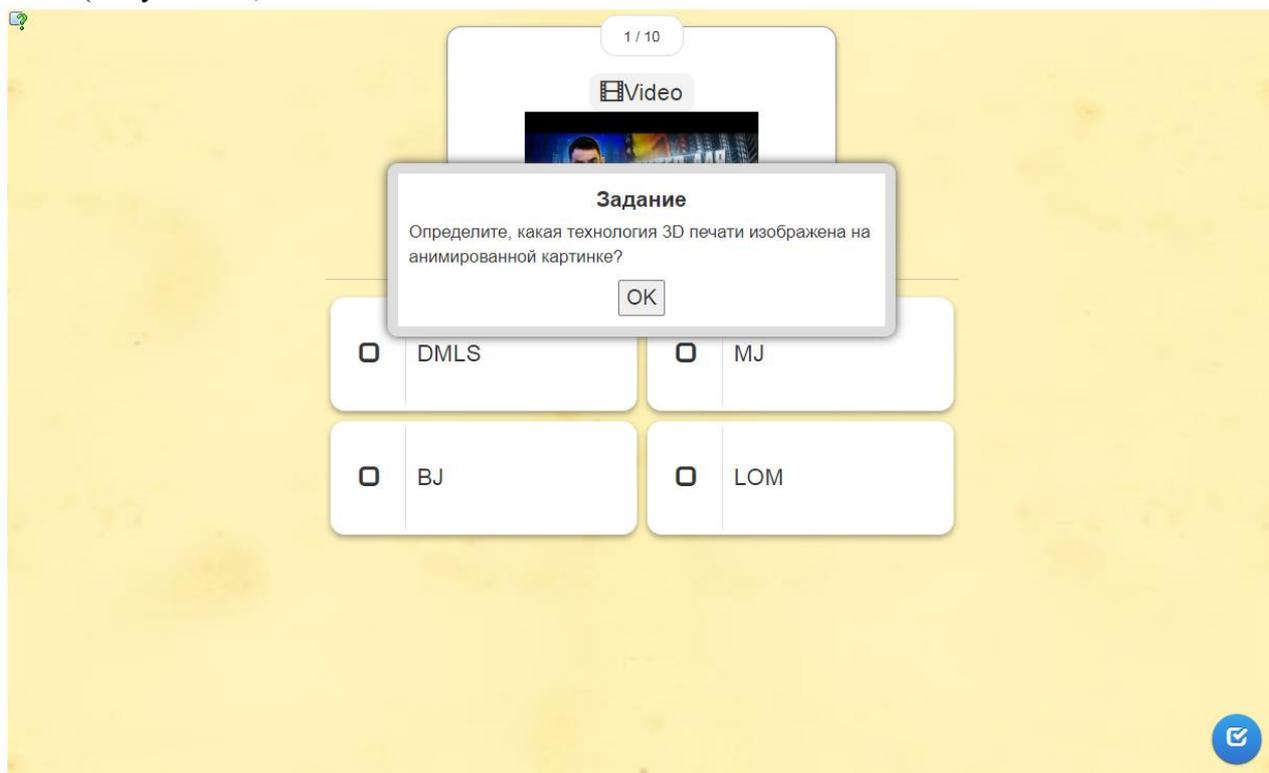


Рисунок 2.1 Интерактив. Технологии 3D печати

ТЕСТ. ТЕХНОЛОГИИ 3D ПЕЧАТИ

Тестовое задание по второму модулю электронного курса.

Разрешено попыток: 5. Метод оценивания: Высшая оценка. Проходная оценка: 3,00 из 5,00

Пример тестового задания на рисунке 2.2.

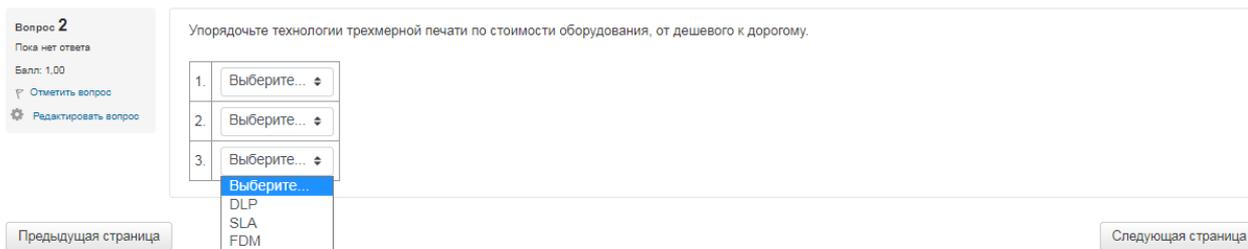


Рисунок 2.2 Тестовое задание

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПРОРАБОТКИ.

1. Что такое технология 3D печати?
2. Какие существуют методы 3D печати?
3. Какие материалы могут быть использованы для 3D печати?
4. Какие приложения могут быть созданы с помощью 3D печати?
5. Какие преимущества имеет 3D печать по сравнению со стандартными методами?
6. Какие возможности появляются благодаря 3D печати?
7. Каковы основные требования к проекту для 3D печати?
8. Что такое моделирование для 3D печати, и зачем оно нужно?
9. Какие программы можно использовать для 3D моделирования?
10. Что такое срезы (slices) в 3D печати, и зачем они нужны?
11. Как выбрать правильный 3D принтер для вашего проекта?
12. Как правильно настроить 3D принтер перед печатью?
13. Какая точность может быть достигнута при 3D печати?
14. Как обеспечить сохранность и безопасность данных при использовании 3D печати?
15. Какие условия необходимы для успешной работы 3D принтера?
16. Как заправить и обслуживать 3D принтер?
17. Как рассчитать стоимость и время производства 3D печати?
18. Какие примеры успешных проектов на основе 3D печати Вы можете назвать?
19. Как разработчики совершенствуют технологию 3D печати?
20. Какие прогнозы развития 3D печати вы можете дать на будущее?

МОДУЛЬ 3. ТЕХНОЛОГИИ 3D СКАНИРОВАНИЯ

ЗАДАНИЕ. БД 3D СКАНЕРЫ

Создание записи по 3D сканерам по всем технологиям сканирования.

Запись состоит из нескольких обязательных и не обязательных полей.

Каждая запись оценивается от до 0 до 3 баллов, причем, 0 баллов - запись не принята, 1 балл - заполнено до 10 полей, 2 балла - до 20 полей, 3 балла - 30 и более полей с иллюстрациями и ссылками.

Допускается несколько записей по одному элементу.

Максимальное количество баллов за семестр - 30.

Пример правильно оформленной новой записи в базе данных:

Название: **Shining Einscan HX**
Технология сканирования: Гибридная - LED-подсветка + лазер
Производитель: Shining 3D
Сайт производителя: [Shining 3D](#)
Сайт продавца: [Top 3D Shop, ИП Баусов Д.В., Россия, г. Санкт-Петербург](#)
Вертикальное поле зрения, °:
Вертикальный шаг, °:
Вес, кг: 0,710
Видеокамера: Встроенная цветная камера
Внешнее питание:
Время калибровки, мин:
Время сканирования, сек:
Гарантия:
Глубина резкости, мм: быстрое: 200-700 мм, лазерное: 350-610 мм
Горизонтальное поле зрения, °:
Горизонтальный шаг, °:
Дальность измерений:
Диаметр луча на выходе:
Динамический цвет:
Дисплей:
Длина волны лазера, нм:
Зона сканирования: быстрое: 420x440 мм, лазерное: 380x400 мм
Интерфейсы: USB3.0
Источник света (излучения): Синий LED, 7 синих лазерных перекрестий (+ 1 дополнительная линия)
Класс лазера:
Количество камер:
Максимальная вертикальная скорость сканирования, об/мин:
Максимальный размер детали:
Минимальная область сканирования:
Мин. системные требования:
Объемная точность, мм/м: быстрое: 0,05+0,1 мм/м, лазерное: 0,04+0,06 мм/м
Операционные системы: Win10, 64 bit
Погрешность:
Программное обеспечение:
Рабочая влажность, %:
Рабочая температура, °С:
Размер обрабатываемых деталей:
Размер одного снимка:

Размер сканируемого объекта:
Размеры сканера, мм: 108x110x237
Разрешение сканирования, мм:
Разрешение камеры, Мп:
Разрешение по осям X Y Z, мкм:
Расстояние до объекта: 470 мм
Расстояние между точками, мм: быстрое: 0,25-3 мм, лазерное: 0,05-3 мм
Расхождение луча, мрад:
Сертификаты соответствия: CE; FCC; ROHS; WEEE; KC; EAC
Системные требования:
Скорость сканирования, точек/с: быстрое: 1 200 000 точек/с, 20 кадров, лазерное: 480 000 точек/с, 55 кадров
Область применения:
Текстура:
Точность сканирования, мкм: 40
Уровень защиты корпуса, IP:
Форматы файлов:
Цветное сканирование: Да (LED)
Частота видео съемки, кадров/с: 55
Энергопотребление:
Гарантия производителя:
Фото оборудования:



ИНТЕРАКТИВ. ТЕХНОЛОГИИ 3D СКАНИРОВАНИЯ

Задание носит не обязательный характер. Максимальное количество баллов за него – 10. Количество попыток: Не ограничено. Метод оценивания: Среднее попыток.

Суть задания заключается в распределении объектов сканирования на пазлах с технологией сканирования на ярлыках (Рисунок 3.1).

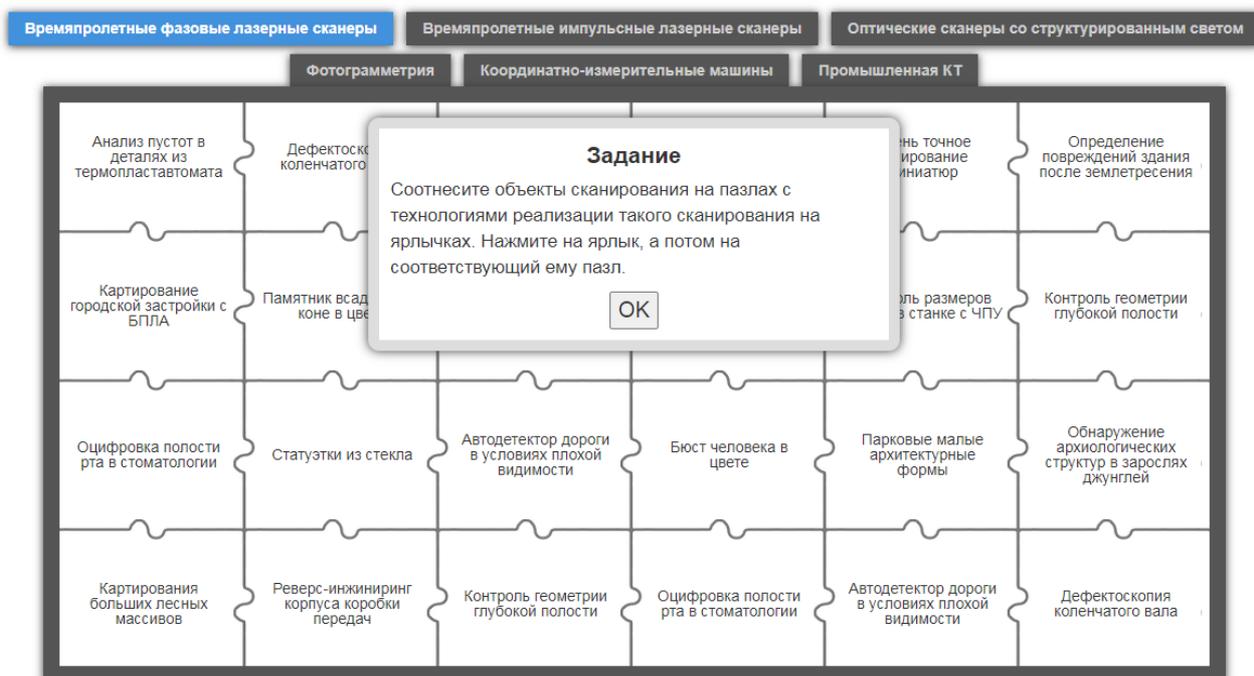


Рисунок 3.1 Интерактив. Технологии 3D сканирования

ТЕСТ. ТЕХНОЛОГИИ 3D СКАНИРОВАНИЯ

Тестовое задание по третьему модулю электронного курса.

Разрешено попыток: 5. Метод оценивания: Высшая оценка. Проходная оценка: 3,00 из 5,00

Пример тестового задания на рисунке 3.2.

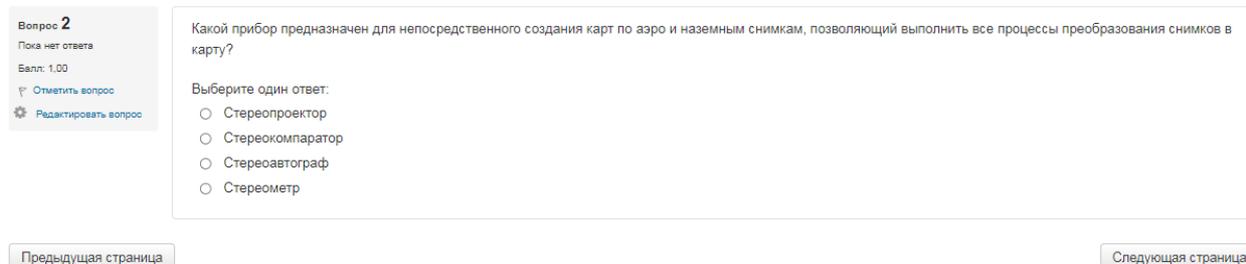


Рисунок 3.2 Тестовое задание

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПРОРАБОТКИ.

1. Что такое 3D сканирование и какие виды 3D сканирования существуют?
2. Для чего используется 3D сканирование и какие преимущества оно имеет по сравнению с традиционными методами моделирования?
3. Какие технологии используются для 3D сканирования объектов?
4. Каковы основные шаги процесса 3D сканирования объектов и материалов?
5. Какие программы и оборудование используются для 3D сканирования объектов?
6. Каковы методы и алгоритмы обработки полученных при 3D сканировании данных?
7. Какие материалы могут быть сканированы с помощью 3D технологий и каковы требования к объекту для успешного сканирования?
8. Как работает 3D сканер и какой принцип его действия?
9. Где используются 3D сканеры и каковы примеры такого использования?
10. У каких отраслей и направлений есть наибольшая потребность в 3D сканировании?
11. Как происходит конвертация полученных 3D данных в форматы, доступные для

работы в 3D программных средах?

12. Как сравнить два 3D-сканированных объекта и выявить различие в их геометрии?

13. Какие проблемы и ограничения возникают при 3D сканировании и как их можно преодолеть?

14. Какое влияние оказывает точность 3D-сканирования на конечный результат и как она может быть повышена?

15. Как отследить изменение геометрии в изделии по мере производства?

16. Как происходит улучшение разрешения и качества 3D-моделей, полученных с помощью 3D-сканирования?

17. Какие программные средства широко используются для создания 3D-моделей и анализа 3D-данных?

18. Какую роль играют 3D-модели в современном производственном процессе и дизайне?

19. Каковы перспективы развития технологии 3D сканирования в будущем?

20. Какими навыками и знаниями должен обладать специалист, работающий в области 3D сканирования?

МОДУЛЬ 4. ТЕХНОЛОГИИ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ

ЗАДАНИЕ. ВЫБОР ТИПА (ВИДА) МОДЕЛИРОВАНИЯ

Заполните таблицу (колонки 4 и 6) для решения задач, сформулированных в колонке 3 напротив своего варианта (Табл. 4.1).

Таблица 4.1 Выбор типа (вида) моделирования

1	2	3	4	5	6
Вариант	ФИО	Задание	Выбор вида моделирования	Выбор ПО для моделирования	Обоснование Вида моделирования и выбора ПО
1		1 Модель: Большой садовый фонтан. Цели: Создание реалистичной трехмерной модели фонтана для использования на веб-сайте садового центра, а также для печати 3D-модели для использования в качестве демонстрационного материала на выставках.			
		2 Модель: Маленький ювелирный магазин. Цели: Создание 3D-модели интерьера помещения ювелирного магазина для показа заказчику и использования для планирования расстановки мебели и дисплеев в магазине.			

В ответ на это задание напишите "Готово" после выполнения.

Максимальное количество баллов за задание - 10

Критерии правильного подбора:

В колонке 4 должен быть указан подходящий вид моделирования, а в колонке 6 обоснование этого выбора.

Выбор технологии 3D моделирования

Архитектурные формы зданий изначально рождаются в воображении архитектора в виде гармоничных и прекрасных трехмерных образов [33-34]. История развития архитектуры доказывает, что авторы зданий всех исторических периодов превосходно владели средствами 3D моделирования, безупречно точно перенося монументальные идеи на плоскости чертежей. Просто невозможно возвести строение без понимания и виртуозного оперирования такими элементами трехмерного проектирования, как форма и объем, плоскости и разрезы. Создание 3D архитектурных моделей, пусть даже на примитивном уровне, требует знания основных свойств материалов и полного понимания строительных технологий.

Появление современного компьютера и программного графического комплекса позволяет создавать любые трехмерные модели в архитектурном проектировании. Такой инструментарий дает просто безграничное пространство для творчества архитекторов, дизайнеров, кинопродюсеров.

3D технологии стали для нас привычными. Мы пользуемся ими в повседневной жизни, мы любим развлечения на основе трехмерных симуляций, и мы уже начали обучаться в виртуальной трехмерной среде.

В каждой отрасли, в которую 3D-моделирование принесло свои изменения, имеются как свои определенные стандарты, так и негласные правила. Но даже внутри одной отрасли, количество программных пакетов бывает такое множество, что новичку бывает очень трудно разобраться и сориентироваться с чего начинать.

Сейчас совершенно невозможно даже представить современную архитектуру без трехмерного проектирования и визуализации самых разных объектов. Помимо традиционного применения, эти технологии уже сделали шаг в будущее – в области «3D печати» домов.

Все проекты должны иметь не только, двухмерные чертежи, разрезы, виды, но и полноценный раздел 3D моделирования фасадов и интерьеров.

Разрабатывая, скажем, фасады зданий в программах 3D, архитектор имеет возможность создать виртуальную модель и привязать ее к конкретному участку на местности. Все объекты создаются из выбранной фигуры, которая находится в составе набора примитивов программы 3D моделирования. Библиотека примитивов настолько обширна, что вполне позволяет с помощью необходимого модификатора создавать любую модель реального мира.

Используя геодезические съемки, программа трехмерного проектирования в автоматическом режиме выводит на принтер чертежи генпланов и профили дорог и площадок с красными отметками. Это позволяет сократить сроки разработки и снизить ее себестоимость.

Современный трехмерный дизайн любого пространства позволяет сформировать полноценное представление о расстановке мебели, систем отопления, электропроводки, светильников, выключателей, вида остекления и заполнения проемов. Такой подход минимизирует ошибки в плане строительства, отделки и декорирования. Вы видите еще не построенное здание как на ладони, оно уже почти существует!

3D модели объектов растительного и животного реального мира создают как бы виртуальную реальность, где вы можете уже сейчас наслаждаться тем, насколько прекрасен будет ваш сад или насколько стильно будет выглядеть прилегающая территория вашего бизнеса. Определяя место физического объекта в 3D пространстве, можно запроектировать и весьма точно реализовать даже сложнейшие инновационные идеи в области строительства, декорирования, а также в ландшафтном дизайне.

Передовые, самые инновационные разработки в сфере 3D принтеров позволяют буквально печатать дома из цемента. Строительные 3D принтеры пока не совершенны и имеют довольно высокую стоимость, они чувствительны к перепадам погодных условий, требуют прямо-таки трепетного к себе отношения. Они не допускают перерывы в поставке бетонной смеси и не дружат с арматурным каркасом. Монтаж перемычек и перекрытий выполняется дополнительной техникой. Но дома по этой технологии возводятся в рекордно короткие сроки и могут иметь невероятно причудливый дизайн. Естественно, «напечатать» такой дом будущего совершенно нереально без предварительного проектирования в совместимой 3D программе.

Область применения 3D моделирования не ограничивается архитектурой, строительством и благоустройством.

3D-моделирование – это основа современного игрового и мультимедийного пространства.

Еще несколько лет назад трехмерный фантастический фильм был вершиной мастерства в киноиндустрии. Сейчас фильмы, мультфильмы и игры 3D превратились в нечто само собой разумеющееся. Создание трехмерных героев для кино и VR игр – это огромный прибыльный бизнес.

Трехмерные модели широко применяются в рекламе. Причем для их создания используют не только редакторы для моделирования, но и программу Adobe Photoshop.

Самое передовое направление в области VR и трехмерного моделирования пространства – это обучающие симуляции, позволяющие быстро и безопасно готовить

специалистов в разных областях. Эту технологию внедряют даже для подготовки кондукторов, проверяющих билеты в автобусах!

Можно выделить 3 крупные отрасли, которые сегодня невозможно представить без применения трехмерных моделей. Это:

- Индустрия развлечений.
- Медицина (хирургия).
- Промышленность.

С первой мы сталкиваемся почти каждый день. Это фильмы, анимация и 90% компьютерных игр. Все виртуальные миры и персонажи созданы с помощью одного и того же принципа — **полигонального моделирования** (Рисунок 4.1).



Рисунок 4.1. Полигональное моделирование

Чем больше полигонов на площадь модели, тем точнее модель. Однако, это не значит, что если модель содержит мало полигонов (low poly), то это плохая модель. Тоже самое, нельзя сказать про то, что если в модели более 999999 полигонов (High poly), то это очень хорошо. Все зависит от предназначения. Если, к примеру, речь идет о массовых мультиплеерах, то представьте, каково будет компьютеру, когда нужно будет обработать 200 персонажей вокруг, если все они high poly? (Рисунок 4.2)

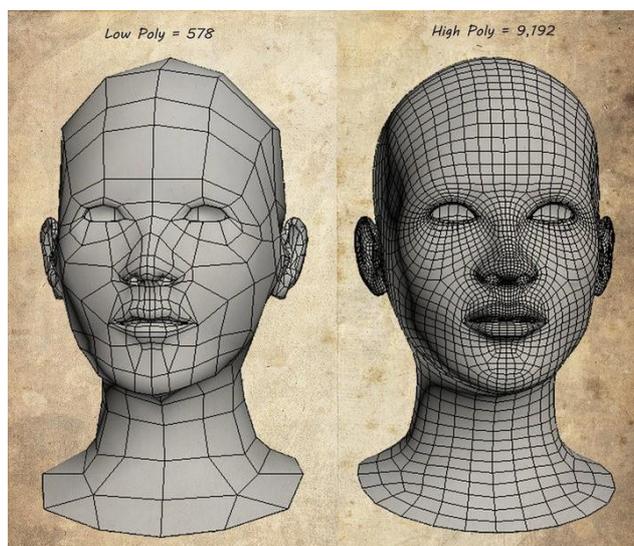


Рисунок 4.2. Влияние количества полигонов на конечную модель

Полигональное моделирование происходит путем манипуляций с полигонами в пространстве. Вытягивание, вращение, перемещение и т.д.

Пионером в этой отрасли является компания Autodesk (известная многим по своему продукту AutoCAD, но о нем позже).

Продукты Autodesk 3Ds Max, и Autodesk Maya, де-факто стали стандартом отрасли.

Что же мы получаем на выходе сделав такую модель? Мы получаем визуальный *образ*. Геймеры иногда говорят: «я проваливался под текстуры» в игре. На самом деле вы проваливаетесь сквозь полигоны, на которые наложены эти текстуры. И падение в бесконечность происходит как раз потому, что за образом ничего нет. В основном, полученные образы используются для *рендера* (финальная визуализация изображения), в игре / в фильме / для картинки на рабочем столе (Рисунок 4.3).

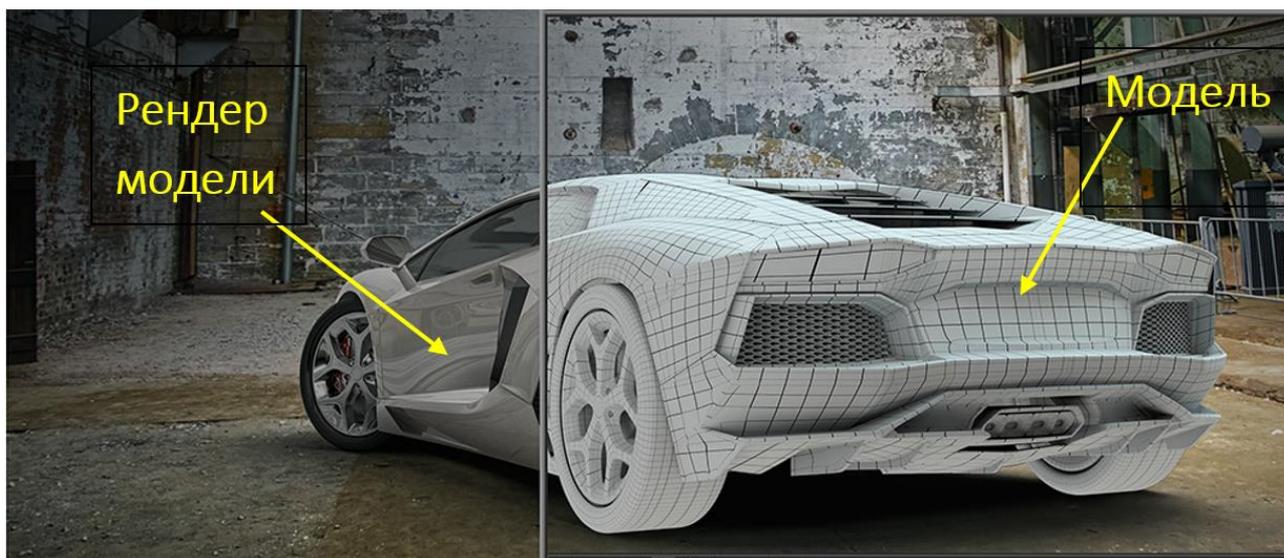


Рисунок 4.3 Рендер и модель

Есть такое направление как 3D-sculpting. По сути, тоже самое полигональное моделирование, но направленное на создание в основном сложных биологических организмов. В ней используются другие инструменты манипуляций с полигонами. Сам процесс больше напоминает чеканку или лепку, чем 3D моделинг.

Если полигональная модель выполнена в виде замкнутого объема, как например, те же скульптуры, то благодаря современной технологии 3D-печати (которая прожует почти любую форму) они могут быть воплощены в жизнь.

По сути, это единственный путь для полигональных 3D моделей оказаться в реальном мире. Из вышеописанного можно сделать вывод, что полигональное моделирование нужно исключительно для творческих людей (художников, дизайнеров, скульпторов). Но это не однозначно. Так, например, еще одной крупной сферой применения 3D моделей является медицина, а именно - хирургия. Можно вырастить протез кости взамен раздробленной.

Конечно, используя полигональное моделирование, можно построить все эти восстанавливающие и усиливающие элементы, но невозможно контролировать необходимые зазоры, сечения, учесть физические свойства материала и технологию изготовления (особенно плечевого сустава).

Для таких изделий применяются методы **промышленного моделирования** - САПР или по-английский CAD (Computer-Aided Design). Это принципиально другой тип моделирования. Чем этот метод отличается от полигонального? Тем, что тут нет никаких полигонов. Все формы являются цельными и строятся по принципу профиль + направление (Рисунок 4.4).

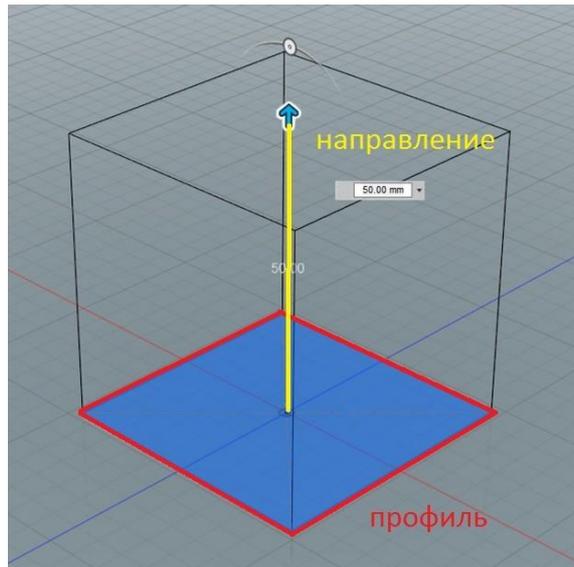


Рисунок 4.4 Формы в твердотельном моделировании

Базовым типом является **твердотельное моделирование**. Из названия можно понять, что, если мы разрежем тело, внутри оно не будет пустым. Твердотельное моделирование есть в любой CAD-системе. Оно отлично подходит для проектирования рам, шестеренок, двигателей, зданий, самолётов, автомобилей, да и всего, что получается путем промышленного производства. Но в нем (в отличие от полигонального моделирования) нельзя сделать модель пакета с продуктами из супермаркета, копию соседской собаки или скомканные вещи на стуле.

Цель этого метода — получить не только визуальный образ, но также измеримую и рабочую информацию о будущем изделии.

CAD – это точный инструмент и при работе с CAD, нужно предварительно в голове представлять топологию модели. Это алгоритм действий, который образует форму модели. Вот, как раз по топологии, можно отличить опытного специалиста от начинающего. Не всегда задуманную топологию и сложность формы можно реализовать в твердотельной модели, и тогда нам на помощь приходит неотъемлемая часть промышленного проектирования — **поверхностное моделирование** (Рисунок 4.5).

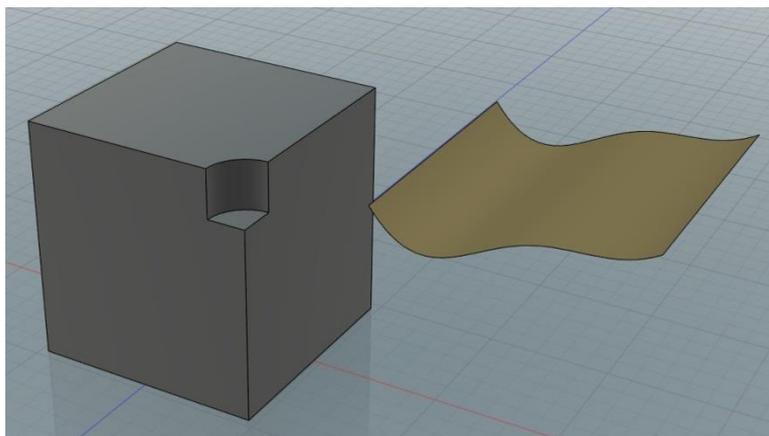


Рисунок 4.5 Поверхностное моделирование

Топология в поверхностях в 10 раз важнее, чем при твердотельном моделировании. Неверная топология – крах модели. Освоение топологии поверхностей на высоком уровне, закрывает 70% вопросов в промышленном моделировании. В конечном итоге, поверхности все равно замыкаются в твердотельную модель.

В САД мы получаем *электронно-геометрическую модель* изделия.

С нее можно:

- Сделать чертежи
- По ней можно написать программу для станков с ЧПУ,
- Ее можно параметризовать (это когда изменяя 1 параметр можно изменить модель без переделки)
- Можно проводить прочностные и другие расчеты.
- Ее так же можно послать на 3д печать (и качество будет лучше)
- Сделать рендер.

В составе САПР 3D-моделирование может производиться опционально.

Наиболее технологичным и часто применяемым программным комплексом для моделирования считается 3D Max Autodesk.

Графические редакторы этой компании (Maya, Autocad и Mutbox) не имеют конкурентов в 3D моделировании. Таких результатов Autodesk добился, проводя политику доступности программного комплекса для студентов. Компания-разработчик предусмотрела специальную трехгодичную лицензию для студентов, позволяющую полноценно освоить ПО и отточить навыки работы с ним. Естественно, программы 3D MAX являются мультилингвальными – поддерживают разные языки, в том числе и русский язык.

Как производится 3D моделирование для промышленных целей

Промышленное 3D моделирование выполняется всегда на основании технического задания (ТЗ) выданного заказчиком. Включая в задание раздел трехмерное моделирование, заказчик указывает степень детализации и количество вариантов с разными текстурами или цветом.

Осуществляя трехмерное моделирование объектов, проектировщик дает представление как об отдельных моделях деталей, так и о позиционировании и функционировании их в составе комплекса-изделия. 3D модели комплектующих, находясь в составе рабочего проекта, показывают итоговый вариант готового продукта (экстерьер или интерьер).

Проектированием инженерных систем в программах 3D моделирования решается задача автоматизации трудоемких процессов, например, таких, как создание рабочих чертежей линейно вытянутых объектов.

Средствами 3D-моделирования производится конструирование и тестирование деталей разнообразных устройств, механизмов, в том числе высокотехнологичных. Распечатав их на принтере в натуральную величину и оттестировав, конструкторы могут приступить к заводскому производству. Трехмерные технологии остро востребованы в автомобильной промышленности, где создаются 3D модели не только деталей, но и корпуса машин. Только так можно выпускать на рынок инновации и передовые решения – конструктивные и для целей автодизайна (Рисунок 4.6).

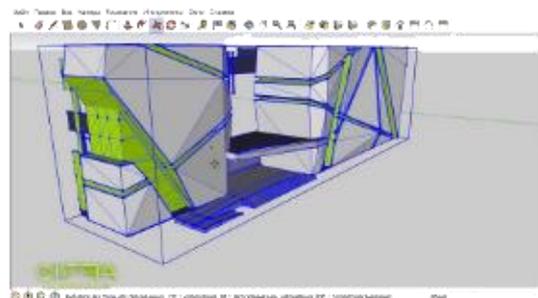
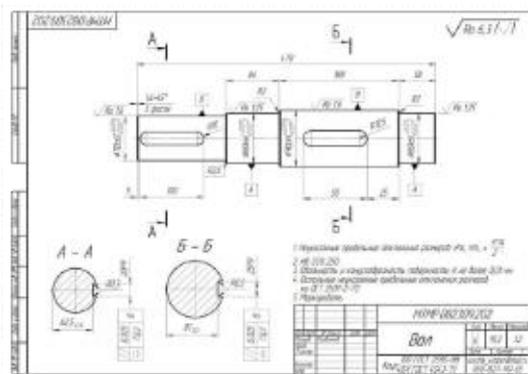


Рисунок 4.6 Трехмерные технологии в автомобильной промышленности

Этапы создания трехмерной модели

Фотореалистичность

3D проектировщик – это почти художник! В его работе необходим поиск фотореференсов и фиксация сцен естественной природы и окружения. Реалистичность сцен полезно сопоставлять с этими примерами. Образцы для моделирования и позиционирования выгодно подбирать еще до начала основных работ.

Кроме обеспечения натуральности, идентичности, поиск удачных примеров расширяет видение композиции и дарит вдохновение в работе!

Грамотный выбор необходимого программного обеспечения

Выбор технологии для 3D моделирования объектов реального или вымышленного мира зависит от используемого ПО. Разнообразие и специфичность программ для создания трехмерной модели, просто впечатляющее. Если требуется выполнить проект в 3D, соотнесите особенности выполнения и функционал программного обеспечения. Это поможет изначально сделать правильный выбор инструментария.

Например, если необходимо создать платье для модели человека, то в 3Ds max сложно выполнить развертку и наложить корректно текстуру на платье. Следовательно, это выполняется в программе, где инструменты 3D моделирования имеют такую возможность. Сложные проекты всегда выполняются с разделением труда на моделирование и визуализацию. Это связано с необходимостью иметь для этих работ большой объем специальных знаний и навыков. Заказанный проект должен быть выполнен качественно и в срок, поэтому крайне важно изначально работать с подходящим ПО.

Начинаем с 2D

Перед началом трехмерной разработки, как правило, выполняются детальные чертежи 2D. Например, этот этап обязателен перед моделированием в строительстве (Рисунок 4.7). Здания изначально проектируются в формате двухмерных чертежей с размерами, которые затем импортируются в программы, работающие с трехмерной графикой. Такой порядок подготовки позволяет избежать ошибок и неточностей, так как тот же 3Ds max лучше работает с готовыми полилиниями.

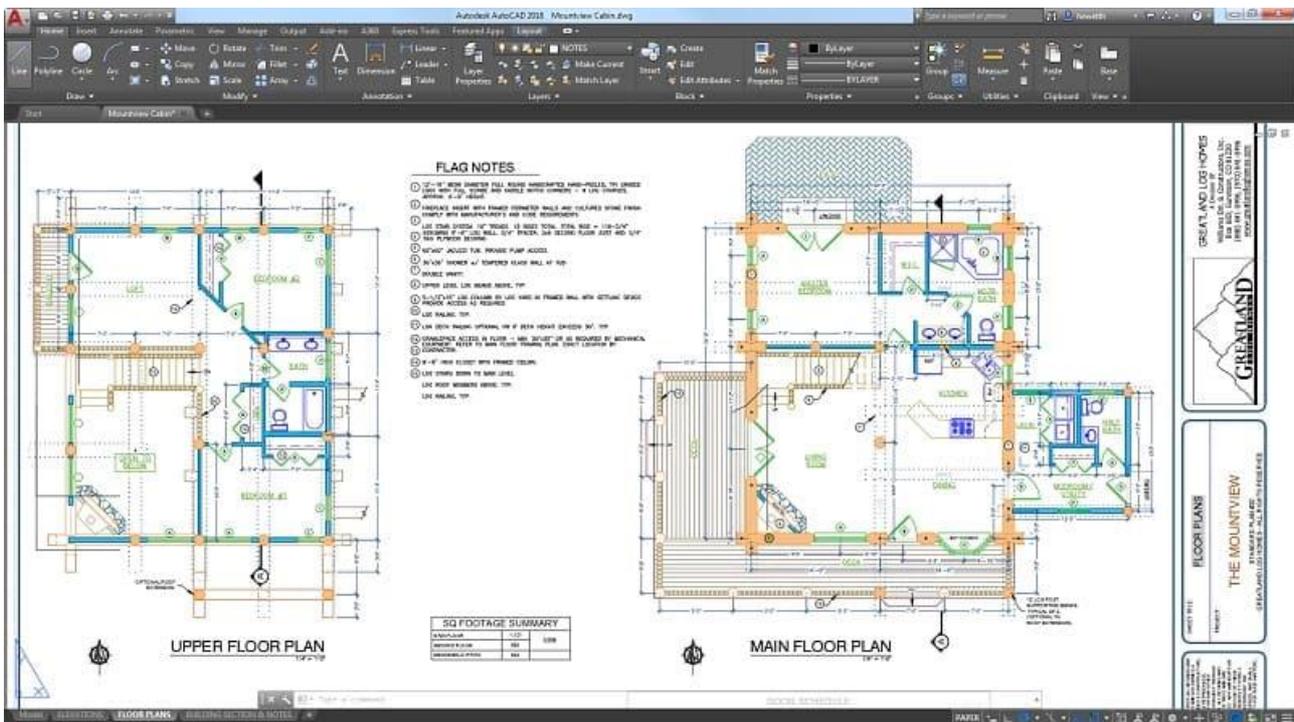


Рисунок 4.7 Моделирование в строительстве

Импортировав чертежи 2D в программу для 3D, проектировщик настраивает папку проекта и присваивает текущее название. В папке проекта будут сохраняться резервные копии файла, референсы, дополнительные библиотеки материалов с текстурами, текстуры новых создаваемых программой материалов и дополнительные сцены для проекта. Такой порядок учета файлов выполняют программы для визуализации 3D моделей и прописывают пути их определения на дисках компьютера. Изменение места нахождения текстур или других файлов проекта приводит к потере их для программы. Требуется дополнительное действие для прописи путей поиска и мест расположения текстур и файлов.

Создав папку проекта в 3Ds max, выполняем сохранение основного файла в папку сцен. Маршрутизация и классификация проекта на этом завершены! Можно переходить непосредственно к работе с 3D.

Простое 3D моделирование выполняется в четырех проекциях

Эти проекции составляют рабочую среду программного обеспечения для 3D моделирования. Для навигации разработан качественный интерфейс, позволяющий быстро и эффективно переключаться между проекциями и получать доступ к инструментарию программы.

Основой для работы можно считать примитивы. Примитивы – это комплекс простых форм (бюкс, сфера и т.д.). Набор примитивов в программе представляет собой некий конструктор для создания 3D моделей. Также есть необходимые модификаторы – инструменты для трансформации простых форм.

Используя простейшее, можно создать великое!

Для моделирования здания прямоугольной формы выбирается бюкс. Применяя модификаторы, можно выполнить оконные и дверные проемы в стенах. Работа с нужными простыми формами, а также их модификация, собственно, и есть создание трехмерных 3D моделей в необходимом количестве и качестве.

В современных программах заложено достаточное количество инструментов для продвинутого моделирования.

Одним из основных инструментов считается полигональное моделирование. Используя точки, ребра и полигоны выполняется модификация любого примитива и придание необходимой формы модели. Выполнять такие трансформации требуется с использованием определенного порядка действий. Для этого необходимы знания правил программы полигонального моделирования. После выполнения модификации проверяется расположение ребер — так называемая сетка с четырьмя точками у каждого полигона.

При моделировании с использованием нескольких примитивов (стены + пол + потолок) тщательно проверяются точки их соприкосновения. Расположенные рядом точки необходимо «сварить» специальной командой. Максимально приближая места стыка, добиваются точного касания полигонов. Так получается единая, монолитная модель, без каких-либо «щелей» и прочих дефектов.

Отлично помогает в работе с моделями временная изоляция объекта в пространстве программы.

Обучение полигональному моделированию, как правило, следует строго после изучения интерфейса. Это в прямом смысле базис, необходимый для успешного освоения 3D технологий. По сути, этот навык дает практически безграничную свободу. Это важно даже при наличии огромного количества готовых качественных моделей.

Выполнение рендера

Собрав сцену из моделей, ставится задача отчитаться перед заказчиком рендером. Если требуется первичное согласование, то выполняется черновой рендер, дающий наглядное представление о проделанной работе, концепции проекта. Для финальной отчетности и для презентационных целей выполняется фото реалистичный рендер.

Визуализатор устанавливает и настраивает камеру под заданный ракурс. Если визуализируется ландшафтный проект, то устанавливаются несколько камер (общий план с

птичьего полета или вид на входную группу). Особое внимание обращается на качественное освещение сцены.

Кроме освещения необходимо выбрать размер кадра финальной картинке. При необходимости вывода результата на печать задается размер бумаги (A1, A2, A3, A4) и размер фреймбуфера программы. Расчет необходимо выполнить сначала в сером цвете для постановки освещения. Если освещение сцены выполнено HDR картами и солнцем, то необходимо совместить их друг с другом для корректного падения теней. Самые простые в плане визуализации – это статические сцены (интерьер или экстерьер). Много времени занимает визуализация анимации различных сцен. Закончив просчет, выполняется сохранение и постобработка полученного результата.

Грамотный подход к моделированию, внимание к деталям и правильное ПО – залог, того что рендеры будут реалистичными и в соответствии с ТЗ заказчика.

Программное обеспечение

На сегодня разработано солидное многообразие программ для моделирования.

Для детализации их можно разделить на несколько групп, согласно тем задачам, на которые это ПО ориентировано:

- Максимально детальное отображение фактуры строительных материалов и конструкций 3D моделей зданий и сооружений (3Ds max Autodesk).
- Максимально детальное выполнение рабочих чертежей 3D моделей зданий и сооружений, в том числе с расчетами нагрузок и размеров (BIM Building Information Modeling в Autodesk Revit).
- Максимальная реалистичность моделей в киноиндустрии и играх (Maya Autodesk).
- Цифровой скульптинг (ZBrush, Mudbox).

Компьютеры делятся по назначению:

- Универсальные.
- Специальные.
- Для решения узкой задачи.

По мощности делятся:

- Супер ЭВМ.
- Большие.
- Малые.
- Микро ЭВМ.

Особое место в трехмерном моделировании занимает визуализация (получение реалистичной картинке) - рендер.

Процесс формирования визуализации называется рендер (англ. глагол render – представлять, отображать, англ. rendering —визуализация).

Для рендера используются вспомогательные программы. Часть из них являются штатными в 3D программах. Успеха в этом направлении добились также и сторонние производители рендер программ. Особую популярность имеет Chaos Group, которая имеет две самые прогрессивные программы для рендера VRay и CORONA.

Независимо от вида используемой программы и ЭВМ создание модели для постановки сцены используют раздел программы:

1. Моделирования с применением необходимых модификаторов.
2. Шейдинга для назначения материалов на готовые модели.
3. Визуализация.

Чтобы грамотно выбрать ПО, необходимо полноценное и квалифицированное понимание ТЗ и всех этапов трехмерного моделирования. Вам понадобится проанализировать софт с точки зрения специфики и функционала, чтобы на выходе получить высшее качество.

Например, чтобы эффективно выполнить чертежи, софт нужен такой: 3Ds max, AUTOCAD и Adobe Photoshop. Это ПО обеспечит качество моделирования, рендеринга и соблюдение сроков сдачи работы заказчику.

В программе Autodesk AUTOCAD чертится 2 D план объекта или здания в масштабе с указанием всех необходимых для 3D моделирования размеров. Иногда для аналогичных целей используются cad для 3D моделирования — типа Autodesk Revit или AUTOCAD 3D для архитекторов.

Когда выбрана программа для 3D моделирования, необходимо определиться с дополнительной программой для рендеринга. Это, как правило, дополнительный плагин (расширение), которое обязано полностью отвечать требованиям ТЗ по качеству визуализации и презентационным свойствам рендеров (Рисунок 4.8).

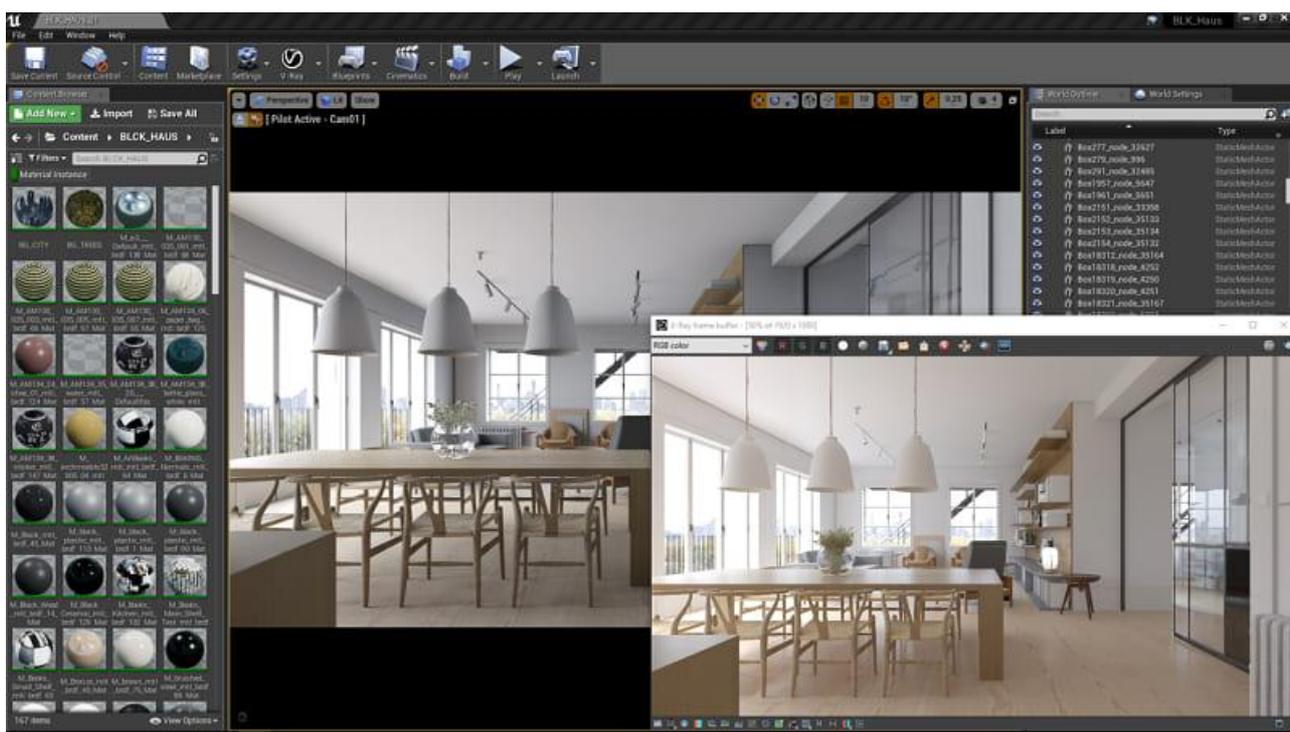


Рисунок 4.8 Рендер помещения

Существуют приложения, которые считаются лучшими для рендеринга: Iray, V-Ray, Arion, Octane, Corona, Mental ray и Arnold. Все они имеют широкий функционал и дружелюбный интерфейс, который дает визуализатору успешно выполнить финальный расчет.

Технологии визуализации постоянно совершенствуются

В настоящее время Corona вместе с Chaos Group выпустила модель программы за номером 3. За это время в ее составе появилась своя камера и светильники. Усовершенствовалась система назначения материалов при помощи своих процедурных карт. Простота рендера в реальном времени позволила ПО от Corona стать самым популярным для начинающих визуализаторов. Особенно это проявилось после создание мощной библиотеки материалов в составе самой программы. Слабым местом программ Corona – Chaos считается процесс преобразования сцен, созданных в V-Ray, в Corona и обратно. Из-за дефектов данного импорта-экспорта часто требуется корректировка материалов и освещения.

V-Ray от Chaos Group также серьезно продвинулся в плане развития рендеринга. Поделившись своими наработками с Corona Render, Chaos Group выпустила V-Ray 5 и сразу вернула себе лидерство на рынке программ для визуализации. Созданные ранее библиотеки моделей для V-Ray разных моделей (начиная от 1.5 до 3.3) за десятилетия существования

трехмерного моделирования корректны до настоящего времени. Сложные проекты визуализации выполняются только с материалами V-Ray Chaos Group. Основной причиной появления новых визуализаторов считается моральное устаревание материалов и рендера, созданного в составе основной программы.

Создатели 3Ds max также предусмотрели собственные библиотеки материалов (Autodesk). Существует довольно прогрессивный порядок присвоения (назначения) конкретного материала той или иной модели – эта технология стала новым витком развития уже имеющейся.

Начиная с 1997 года, появляется в продаже редактор трехмерной графики 3D Studio Max 2 имеющий в составе все современные блоки интерфейса.

Autodesk ежегодно выпускает новую версию программы в двух вариантах— 3Ds Max и 3Ds Max Design. Первый вариант предназначен для специалистов в области моделирования. Второй вариант программы используется дизайнерами и архитекторами.

Все это разнообразие инструментов и технологий в сфере 3D моделирования и проектирования, дает огромные возможности специалистам из разных областей! Освоение трехмерной графики двигает вперед целые промышленные направления, а также делает нашу жизнь динамичнее, интереснее. Мы уверены, что будущее 3D моделирования почти не имеет горизонтов и пределов, что эти передовые технологии скоро станут еще более доступными, востребованными и незаменимыми.

ИНТЕРАКТИВ. ТЕХНОЛОГИИ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ

Задание носит не обязательный характер. Максимальное количество баллов за него – 5. Количество попыток: Не ограничено. Метод оценивания: Среднее попыток.

Суть задания заключается в соединении двух карточек, на одной – модель, на второй – наиболее подходящий для нее вид моделирования (Рисунок 4.9).

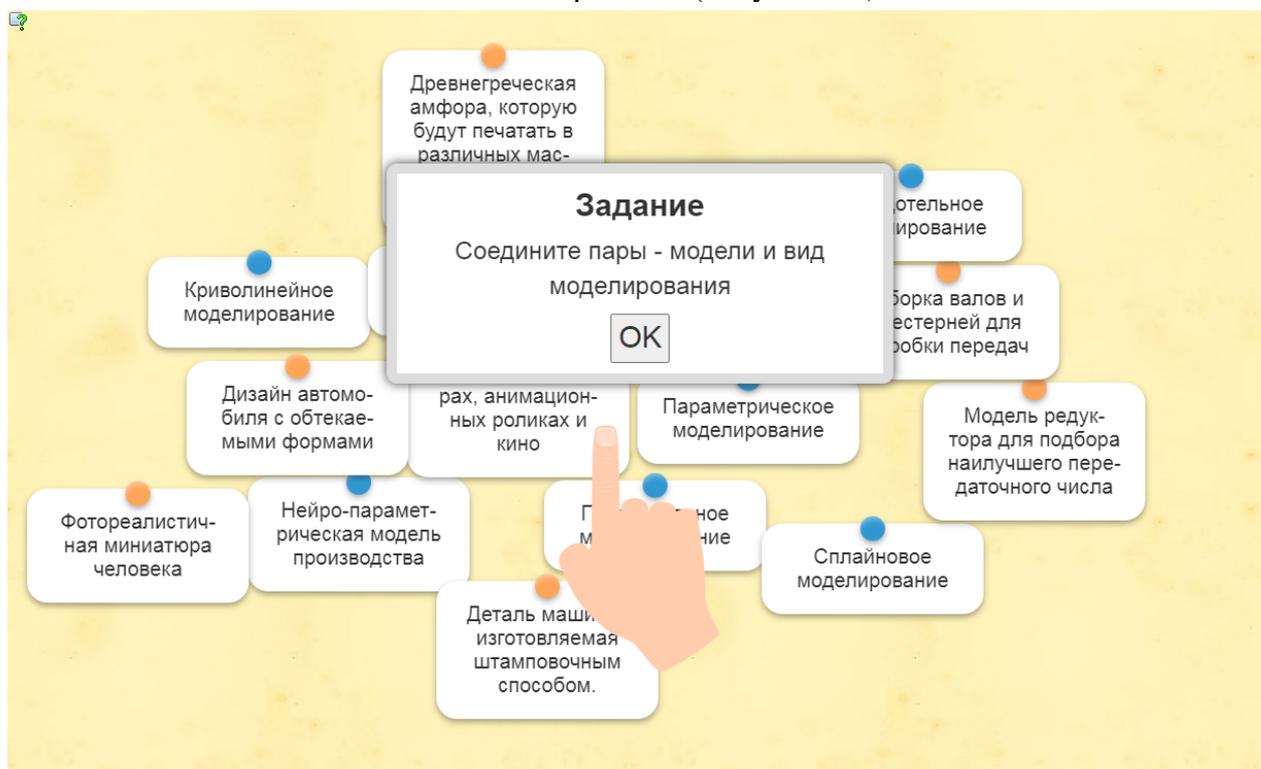


Рисунок 4.9 Интерактив. Технологии 3D моделирования

ТЕХНОЛОГИИ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ

Тестовое задание по четвертому модулю электронного курса.

Разрешено попыток: 5. Метод оценивания: Высшая оценка. Проходная оценка: 3,00 из 5,00

Пример тестового задания на рисунке 4.10.

Вопрос 2
Пока нет ответа
Балл: 1,00
Отметить вопрос
Редактировать вопрос

Описание какой технологии 3D моделирования приведено ниже: при моделировании работают не с отдельными поверхностями, а сразу с оболочками, поверхность моделируемого объекта полностью описывается оболочками, которые отделяют внутренний объем объекта от всего остального пространства, в этом моделировании процесс построения оболочки объекта аналогичен процессу изготовления самого моделируемого объекта - сначала создается оболочка простой формы, которую потом уже подгоняют под модель нужным образом?

Полигональное моделирование
Слайновое моделирование
NURBS моделирование
Параметрическое моделирование
Поверхностное моделирование
Твёрдотельное моделирование
3D-скульптинг

Предыдущая страница Следующая страница

Интерактив. Технологии Перейти на... ГЛАВА 5. ВЫБОР 3D ТЕХНОЛОГИИ

Рисунок 4.10 Тестовое задание

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПРОРАБОТКИ.

1. Что такое 3D моделирование и для чего оно используется?
2. Какие программы для 3D моделирования вы знаете и как они отличаются друг от друга?
3. Какие основные инструменты и функции используются при создании 3D моделей?
4. Что такое текстурирование 3D моделей и как оно происходит?
5. Какие форматы файлов используются для хранения 3D моделей и какие ограничения у них есть?
6. Возможно ли использовать 3D сканеры для создания 3D моделей и как это происходит?
7. Что такое рендеринг 3D моделей и что дает использование профессиональных рендеров?
8. Какие требования к оборудованию должны быть для работы с 3D моделями, и как это влияет на процесс и результат работы?
9. Какие принципы выбора лучшей 3D моделировальной программы для конкретной задачи?
10. Существуют ли возможности совместной работы над 3D проектами и как их реализовывать?
11. Какие примеры 3D моделирования вы можете назвать в мире кино, архитектуры, промышленности и других сферах?
12. Какой потенциал имеет 3D печать для создания реальных моделей и почему это может быть выгодно в некоторых областях?
13. Какие профессии и специальности связаны с 3D моделированием и как развивается этот рынок?
14. Какие сложности могут возникать при работе с большими объемами 3D данных и как их преодолевать?
15. Какие принципы хранения и обработки 3D данных существуют и как минимизировать возможные риски потери данных?
16. Какие примеры использования 3D моделей в маркетинге и рекламе существуют и как они могут повлиять на бизнес?
17. Как 3D моделирование помогает в обучении и в чем преимущества его использования в этой сфере?
18. Какие примеры возможного влияния 3D моделирования на окружающую среду существуют и как это может повлиять на нашу жизнь?
19. Какие перспективы развития технологий 3D моделирования и какие главные

вызовы они ставят перед обществом?

20. Как вы можете использовать 3D моделирование в своей профессиональной деятельности и как оно может помочь вам достичь новых целей?

МОДУЛЬ 5.ВЫБОР 3D ТЕХНОЛОГИИ

ЗАДАНИЕ. ВЫБОР МАТЕРИАЛА И 3D ПРИНТЕРА

Используя базы данных Расходные материалы для 3D печати и Принтеры для 3D печати (составленные во втором модуле) подобрать материал и оборудование для печати модели по требованиям из своего варианта. Пустые клетки означают, что требований по этому параметру нет. Ограничиться технологиями FDM, LCD, SLA, DLP, LFS.

Пример таблицы вариантов (Рисунок 5.1).

Требования	1	2	3	4	5
К материалу					
Температура размягчения, °C		77	79		83
Химическая стойкость к		бензин		кислоты	орг.рас тв масло
Окрашиваемость	хорошая		плохая		средняя
Механическая постобработка	хорошая	плохая		хорошая	плохая
Усадка, %	0,8		0,6	0,5	0,4
Способность к сварке (возможность печати по частям)		средняя	хорошая	плохая	
Электропроводность					
Предел прочности при изгибе (устойчивость к сгибанию под нагрузкой)	низкий	средний		низкий	
Предел прочности при растяжении (устойчивость к разрушению при растяжении)		средний	низкий		средний
Ударная вязкость (способность поглощать удары и их энергию, не разрушаясь)	высокая			высокая	
Модуль упругости при изгибе (Устойчивость к сгибанию под нагрузкой)	низкий			низкий	
Предел прочности на разрыв (устойчивость к разрушению под натяжением)		высокий	низкий		высокий
К оборудованию					
Точность позиционирования ХУ, мкм	10	15	20	5	10
Толщина слоя, мкм	5	10	15	20	25
Область печати (X-Y-Z)	10x10x1(20x20x3(30x30x3(15x15x1(30x30x				
Печать поддержек (без разницы/тем же материалом/растворимые)	тем же	раств		тем же	раств
Остальные требования обуславливаются выбранным материалом					

Рисунок 5.1 Таблица вариантов

В отчете составить таблицу сопоставления значимых требований своего варианта (а также дополнительные требования к оборудованию, обусловленные выбранным материалом) с характеристиками выбранного материала и оборудования:

Таблица 5.1

Требования	Вариант	Выбранный
К материалу		
Окрашиваемость	хорошая	
Механическая постобработка	хорошая	
Усадка, %	0.8	
Предел прочности при изгибе	низкий	
Ударная вязкость	высокая	
Модуль упругости при изгибе	низкий	
К оборудованию		
Точность позиционирования ХУ, мкм	10	Выбранный

Толщина слоя, мкм	5	
Область печати (X-Y-Z)	10x10x10	
Печать поддержек	тем же	
Дополнительное требование к принтеру из-за материала 1		
Дополнительное требование к принтеру из-за материала 2		
Дополнительное требование к принтеру из-за материала 3		
Дополнительное требование к принтеру из-за материала 4		
<i>Дополнительные требования - это, например, наличие подогреваемого стола и его</i>		

Максимальное количество баллов за задание – 30

Критерии правильного подбора:

1. Ответ должен содержать ссылку на БД материалов и принтеров в курсе. При необходимости следует дополнить эти БД.
2. Характеристики подобранного материала и оборудования должны быть не хуже требуемых.

Схема выбора подходящего материала для 3D-печати

Существует множество материалов и доступных вариантов 3D-печати, поэтому сделать правильный выбор бывает трудно.

Предлагается трехэтапная схема выбора подходящего материала для 3D-печати.

Этап 1: определение функциональных характеристик.

Пластмассы, используемые для 3D-печати, обладают различными химическими, оптическими, механическими и тепловыми характеристиками, которые влияют на свойства моделей, созданных с помощью 3D-печати. По мере перехода от сценария предполагаемого использования к реальным условиям эксплуатации требования к функциональным характеристикам соответственно возрастают (Табл. 5.2).

Таблица 5.2 Определение функциональных характеристик

ТРЕБОВАНИЕ	ОПИСАНИЕ	РЕКОМЕНДАЦИИ
Низкая эффективность	<p>Для прототипирования пресс-форм и посадок, концептуального моделирования, исследований и разработок напечатанные модели должны отвечать только низким функциональным характеристикам.</p> <p>Пример: прототип пресс-формы для половника, предназначенного для эргономических испытаний. Кроме качества поверхности, никаких требований к функциональным характеристикам не предъявляется.</p>	<p>FDM ПЛА SLA: стандартные полимеры, Clear Resin (прозрачность), Draft Resin (быстрая печать)</p>
Средняя эффективность	<p>С целью валидации или предпроизводственного использования напечатанные модели должны обладать свойствами, максимально схожими со свойствами окончательных производственных моделей, для функционального тестирования, но не удовлетворять строгим требованиям относительно срока службы.</p> <p>Пример: корпус электронных компонентов для защиты от внезапных ударов. Функциональные характеристики включают способность поглощать энергию ударов. Кроме того, корпус должен защелкиваться и сохранять свою форму.</p>	<p>FDM АБС SLA: инженерные полимеры SLS: Nylon 11 Powder, Nylon 12 Powder, Термопластичный полиуретан (ТПУ-Flex/TPU)</p>
Высокая эффективность	<p>Для получения изделий для конечного применения окончательные модели, созданные с помощью 3D-печати, должны обладать высокой устойчивостью к износу в течение определенного периода времени, будь то сутки, неделя или несколько лет.</p> <p>Пример: подметки обуви. Среди функциональных характеристик — тщательное тестирование на срок службы с циклической нагрузкой и разгрузкой, стойкость цвета в течение многих лет, а также, помимо прочего, сопротивление разрыву.</p>	<p>FDM композитные материалы SLA: инженерные, медицинские, стоматологические или ювелирные полимеры SLS: Nylon 11 Powder, Nylon 12 Powder, ТПУ, композитные материалы из нейлона</p>

Этап 2: преобразование функциональных характеристик в требования, предъявляемые к материалу.

После определения функциональных характеристик вашего продукта следует преобразовать их в требования, предъявляемые к материалу: свойства материала, которые будут удовлетворять этим требованиям. Эти показатели обычно приводятся в технических характеристиках материала (Табл. 5.3).

Таблица 5.3 Преобразование функциональных характеристик в требования, предъявляемые к материалу

ТРЕБОВАНИЕ	ОПИСАНИЕ	РЕКОМЕНДАЦИИ
Предел прочности на разрыв	Устойчивость материала к разрушению под натяжением. Высокий предел прочности на разрыв важен для структурных, несущих, механических или статических моделей.	FDM ПЛА SLA: Clear Resin, Rigid Resin SLS: Nylon 12 Powder, композитные материалы из нейлона
Модуль изгиба	Устойчивость материала к сгибанию под нагрузкой. Свидетельствует либо о жесткости (высокое значение), либо о гибкости (низкое значение) материала.	FDM ПЛА (высокое значение), АБС (среднее значение) SLA: Rigid Resin (высокое значение), Tough Resin и Durable Resin (среднее значение), Flexible Resin и Elastic Resin (низкое значение) SLS: композитные материалы из нейлона (высокое значение), Nylon 12 Powder (среднее значение)
Удлинение	Устойчивость материала к разрушению при растяжении. Позволяет сравнить степень растяжения гибких материалов. Также свидетельствует о том, растягивается ли материал или сразу разрушается.	FDM АБС (среднее значение), ТПУ (высокое значение) SLA: Tough Resin и Durable Resin (среднее значение), Flexible Resin и Elastic Resin (высокое значение) SLS: Nylon 12 Powder (среднее значение), Nylon 11 Powder (среднее значение), ТПУ (высокое значение)
Ударная вязкость	Способность материала поглощать удары и их энергию, не разрушаясь. Свидетельствует о жесткости и долговечности. Позволяет определить, насколько легко разрушается материал при падении на землю или столкновении с другим объектом.	FDM АБС, нейлон SLA: Tough 2000 Resin, Tough 1500 Resin, Grey Pro Resin, Durable Resin SLS: Nylon 12 Powder, Nylon 11 Powder
Температура изгиба под нагрузкой	Температура, при которой образец деформируется под определенной нагрузкой. Свидетельствует о том, подходит ли материал для применения в условиях высокой температуры.	SLA: High Temp Resin, Rigid Resin SLS: Nylon 12 Powder, композитные материалы из нейлона
Твердость (дюрометр)	Устойчивость материала к поверхностной деформации. Позволяет определить нужную степень пластичности мягкой пластмассы, такой как резина и эластомеры, для конкретного способа применения.	FDM ТПУ SLA: Flexible Resin, Elastic Resin SLS: ТПУ
Сопrotивление разрыву	Устойчивость материала к появления надрезов под натяжением. Этот показатель важен для оценки долговечности и износостойкости мягкой пластмассы и гибких материалов, таких как резина.	FDM ТПУ SLA: Flexible Resin, Elastic Resin, Durable Resin SLS: Nylon 11 Powder, ТПУ
Ползучесть	Ползучесть — это склонность материала к необратимой деформации под влиянием постоянного напряжения: натяжения, сжатия, сдвига или изгиба. Низкая ползучесть указывает на долговечность твердых пластмасс и очень важна для структурных моделей.	FDM АБС SLA: Rigid Resin SLS: Nylon 12 Powder, композитные материалы из нейлона
Остаточная деформация при сжатии	Необратимая деформация после сжатия материала. Важный показатель для мягкой пластмассы и способов применения, где нужна эластичность. Свидетельствует о том, восстановит ли материал свою первоначальную форму после снятия нагрузки.	FDM ТПУ SLA: Flexible Resin, Elastic Resin SLS: ТПУ

Этап 3: выбор.

После преобразования функциональных характеристик в требования, предъявляемые к

материалам, вы, скорее всего, сможете узнать, какой материал или небольшая группа материалов подходят для вашего способа применения.

Если вашим основным требованиям отвечают несколько материалов, для окончательного выбора можно рассмотреть более широкий диапазон желаемых характеристик, а также преимущества и недостатки этих материалов и процессов.

Выбор 3D принтера

Настоящая методика предназначена не столько облегчить сам процесс выбора 3D-принтера, сколько вооружить правильным подходом и методикой принятия решения, обратить внимание на особенности, учет которых обеспечит успешное решение задач, а как результат, удовлетворение от использования этой передовой техники [26-29].

Несмотря на относительно молодой возраст активного внедрения в повседневную жизнь устройств аддитивного построения, примерно 10-15 лет, в настоящее время получили распространение несколько основных технологий их реализации, а производителей представлено уже почти необозримое множество.

Большинство подобных руководств, выложенных на различных сайтах поставщиков, сводятся к выбору основной технологии исходя из требуемого материала, а затем уже к рекламе тех или иных производителей в рамках выбранного решения. Умело манипулируя читателем, авторы пытаются под видом помощи избавить потенциального покупателя оборудования от принятия решения, сделать это за него, навязать готовый вывод:

Если Вам нужно строить недорогие детали из пластика, тогда выберите технологию X, а наиболее популярный (продвинутый, раскрученный) производитель Y предлагает Вам модель принтера Z, которая обеспечит Ваше счастье и процветание.

Чаще всего разочарование результатом использования инновационной технологии возникает не от неверного выбора технологии или производителя, и даже не от неудачно выбранной конкретной модели. Негатив, как правило, возникает от изначально неверной оценки класса требуемого оборудования, уровня его оснащенности, оценки его способности постоянной круглосуточной работы или гибкости для возможных экспериментов. Если привести грубый пример по ассоциации с эпитафией, Будет разочарован и владелец дорогого лимузина при попытке нагрузить его несколькими кубометрами строительных материалов, и водитель карьерного самосвала при попытке подъехать на нем к «Большому театру». Поэтому будет предложена другая логика принятия решения – по следующим этапам:

1. Определение класса оборудования на основе планируемого режима использования.
2. Выбор возможных технологий в данном классе. Не все технологии представлены одинаково широко в каждом классе, и причины этого будут отдельно рассмотрены. Далее для каждого класса будет описан разный дальнейший алгоритм выбора.
3. Критерием выбора технологии станут требования к материалам, к точности/разрешению процесса 3D-печати, исходя уже из конкретных поставленных задач. На этом этапе следует учесть вектор дальнейшего развития вашей деятельности.
4. Уже после выбора класса и технологии (одной или нескольких подходящих), будут рассмотрены варианты их технической реализации. Упор будет сделан на возможные расходные материалы и степень их вариативности, а также наиболее важные опции каждого технического решения для получения ожидаемых результатов.
5. И только как примеры по мере изложения будут приводиться конкретные модели устройств различных производителей.

Логика и порядок наших действий: Класс оборудования → возможные технологии → набор требуемых материалов → требования по точности/разрешению → выбор технического решения → примеры конкретных его реализаций различными производителями → принятие Вами самостоятельного решения по выбору

Классы устройств аддитивного построения – 3D-принтеров.

С самого начала для взаимопонимания важно договориться о единой терминологии. Термином «3D-принтер» сегодня пытаются называть все – от недорогого сборного конструктора для детского творчества до промышленной установки аддитивного построения стоимостью более миллиона долларов. Точно как под понятие «автомобиль» подходит и фура, и маленькое спортивное купе. Озадачиваясь вопросом выбора оборудования на самом начальном этапе, необходимо решить, что Вы подразумеваете под этим понятием. Предлагается разделить все аддитивные устройства на три основных условных класса, внутри которых уже обозначить дополнительные категории:

1. «Персональные» или «настольные» - предназначены для личного/индивидуального пользования без требований по помещению.
2. «Профессиональные» - устройства, предназначенные для осуществления работы инженеров, дизайнеров, конструкторов, но не связанные с определенным производственным процессом. Они легко могут быть размещены в офисе или конструкторском бюро.
3. «Промышленные» или «Производственные» – установки аддитивного построения, изначально предназначенные для глубокого внедрения в производственный процесс. Рассчитаны на большую загрузку и постоянную круглосуточную работу при необходимости. Как правило, эта группа устройств имеет специальные требования к помещению.

Класс «Персональные/настольные»

Это относительно недорогие принтеры, которые используются дома или на рабочем месте в режиме персонального использования. Разделение на классы условное и вовсе не значит, что настольные принтеры невозможно использовать в работе. Некоторые компании оказывающие услуги аддитивного построения, объединяют несколько настольных принтеров в «фермы», распределяют загрузку, таким образом, используют устройства этого класса как производственное оборудование. Существует и множество профессиональных принтеров, которые легко поместятся на рабочем столе. Не размер играет определяющую роль. Важно, что изначально персональные/настольные не предназначены для специализированной деятельности, и они не рассчитаны на внедрение в индустриальный производственный процесс.

Основные признаки «персонального/настольного» 3D-принтера:

1. Относительно невысокая стоимость, как самого устройства, так и расходных материалов.
2. Компактность – поместится на рабочем столе. Низкий или средний уровень безопасности.
3. Отсутствие требований к размещению: дома в детской комнате, в гараже, в офисе, у конструктора на столе – да где угодно. Питание от обычной розетки 220 вольт.
4. Простой понятный интерфейс, легкость в использовании, нет требований к высокой квалификации пользователя. Прилагается наглядное «Руководство пользователя».
5. Понятие «пуско-наладочные работы» отсутствует – открыл коробку, достал устройство, включил, заправил расходный материал, начал работать. Техническое обслуживание и замену ресурсных элементов способен выполнить сам пользователь.

6. Расходные материалы широкодоступны к покупке в большом количестве различных интернет магазинов, без предварительного заказа. Как правило, запасные части, ресурсные сменные элементы, аксессуары.
7. В результате себестоимость детали или модели получается невысокой.

Дополнительные категории настольных/персональных 3D-принтеров.

Конструкторы «собери сам» - набор дешевых китайских комплектующих, из которых пользователем самостоятельно собирается установка. Эта категория носит международное название RepRap. Предназначена для творчества и саморазвития. Требуется навыки в сборке моделей и устройств, но не требует глубоких знаний аддитивных технологий, потому что в результате получается простейшее устройство с минимальными функциями-возможностями. Пригодно только для развлечения, процесс сборки-настройки важнее, чем результаты 3D-печати. Ни о каком качестве и повторяемости результатов печати речь не идет.

Домашние «бытовые» - недорогие аппараты, обычно с открытой камерой построения, часто без подогрева платформы и только с одним экструдером. Продаются полностью готовыми к работе – этим в основном и отличаются от предыдущей категории. В остальном всё то же самое: минимум опций и возможностей, минимальный набор рекомендованных расходных материалов. Годятся для детского творчества, для первичного знакомства с аддитивными технологиями в домашней обстановке. Однако некоторые полезные для домашней семьи предметы уже можно делать самостоятельно, например ажурную салфетницу как на иллюстрации.

Персональные рабочие инструменты (инженера, конструктора, дизайнера и т.п.) – самая обширная и распространенная категория устройств, вплотную приближающаяся по возможностям к классу профессиональных. Представлены как модели для работы с фотополимерными смолами, так и «продвинутые» настольные принтеры для печати пластиковой нитью (технологии описаны ниже). С закрытой камерой и двумя или более экструдерами для работы с несколькими материалами.

На рынке представлены модели, уже способные использовать новейшие инженерные материалы-термопласты. Идеальный персональный инструмент для углубленного изучения аддитивных технологий и тестирования новых материалов. Однако, для профессионального использования у персональных 3D-принтеров недостаточен ресурс и точность-повторяемость полученных моделей. К принтерам этой категории часто ошибочно предъявляют требования как к классу «профессиональных». Такая установка может стоить слишком дорого для личного приобретения «домой», но вполне приемлемо даже для небольшой компании.

На персональных 3D-принтерах можно изготавливать рабочие детали и оснастку небольшими тиражами при не самых строгих требованиях к качеству поверхности и точности размеров. Их объединяют в фермы бюро по оказанию 3D-печати как платных услуг. Работа на оборудовании этой категории позволит получить достаточный опыт пользователю для дальнейшего шага к работе на устройстве профессионального класса.

Примеры популярных на рынке персональных устройств верхнего уровня: Picaso Designer X PRO (Россия), 3DGence DoubleP255 (Польша), Raise3D Pro2 (Китай) и Flashforge Hunter DLP - фотополимерный (Китай).

В каких случаях следует выбрать класс настольных/персональных 3D-принтеров:

1. При небогатом опыте работы или отсутствии знаний и понимания аддитивных технологий – это самый главный критерий. Когда нужен инструмент для начального или углубленного изучения аддитивных технологий.
2. При очень ограниченном бюджете. Также при необходимости получать модели с максимально низкой себестоимостью при небольших начальных вложениях. При организации стартапа по оказанию платных услуг по 3D-печати.

3. Когда нужно быть максимально независимым в выборе материалов – покупать их буквально «на каждом углу». Когда важна возможность тестирования новых материалов.
4. Домой себе и/или детям. Подростку купите 3D-ручку, 3D-принтер – это для старшеклассника или студента с начальными навыками использования электрических инструментов или приборов.

Выбрать класс устройства Вам поможет Таблица сравнения признаков классов аддитивных устройств (Табл. 5.3).

Класс «Профессиональные»

Это самый разнообразный класс устройств, как по доступным базовым аддитивным технологиям, так и по различным реализованным техническим решениям. Одной фразой они характеризуются «только для профессионального использования». Первые аддитивные устройства, созданные еще в прошлом веке, сразу позиционировались именно в таком классе. Сегодня же определить принадлежность конкретной модели именно к данному классу не всегда удаётся просто и однозначно – он находится как «между молотом и наковальней». На пятки профессиональным моделям наступают продвинутые персональные 3D-принтеры, а профессиональные устройства аддитивного построения сами вплотную приближаются к промышленным решениям.

Для верного определения нужно понять и прочувствовать истинное предназначение устройств этого класса. Они были созданы и продолжают создаваться для обеспечения максимально возможных: сложности формы получаемых и качества поверхности напечатанных моделей, особых свойств разнообразных используемых инженерных материалов. Свойства полученных прототипов деталей должны быть максимально приближены к оригиналам, изготовленным по традиционным технологиям, а в некоторых случаях и превзойти возможности неаддитивных способов производства. При этом себестоимость и скорость 3D-печати порой приносятся в жертву реализации максимальных возможностей. Лозунг класса таков: «Сложная форма, высокое качество и особенные материалы любой ценой!»

Основные признаки «профессионального» 3D-принтера:

1. Средняя или высокая стоимость, самого устройства, расходных материалов.
2. Размер такого принтера может быть от миниатюрного до большого. Вообще в этом классе размер значения не имеет. Высокий уровень безопасности, иногда нужен допуск.
3. Рассчитаны на размещение в служебных помещениях общего назначения: конструкторское бюро, архитектурный отдел, научно-исследовательский институт или больница. Возможно требование по трехфазному электропитанию 380 вольт.
4. У оператора такого принтера должен быть высокий уровень профессиональных знаний/навыков, как в аддитивном производстве, так и в области применения устройства.
5. Пуско-наладочные работы, техническое обслуживание, замену ресурсных элементов выполняет сертифицированный сервисный инженер авторизованного дистрибьютора или дилера. Эти виды услуг отдельно оговариваются в Контракте на поставку оборудования.
6. 3D-принтеры могут быть аппаратно защищены от применения «сторонних» расходных материалов. Если же применение сторонних материалов допустимо и предусмотрено Производителем, предлагается список рекомендованных материалов и профилей настроек для работы с ними. Качество получаемого результата не гарантируется при работе с материалом не из «списка рекомендованных».

7. В результате себестоимость изделия, средняя или высокая. Качество, сложность формы и свойства материала полученного результата будут уникальными, а порой просто непостижимыми для непосвященных в аддитивные технологии.

Дополнительные категории профессиональных 3D-принтеров.

Узкоспециализированные закрытые устройства специального назначения. К данной категории сразу отнесем 3D-принтеры для использования в ювелирной промышленности для печати выжигаемых и выплавляемых форм. Стоматологическое аддитивное оборудование для изготовления брекетов, хирургических шаблонов и т.п. К категории профессиональных, а не производственных, такие устройства относятся по двум признакам: не требуют особого помещения, не используют материалы в промышленном количестве. Они близки к производственным, потому что глубоко встроены в производственные процессы. Закрытые, защищенные расходные материалы, в некоторых случаях даже «чипованные» картриджи оправданы строгостью требований к материалам из медицинских или узкоотраслевых соображений. Могут быть небольшими по размерам и не очень производительными, и по этим признакам также относятся к профессиональным, а не производственным. Примером узкоспециализированного профессионального 3D-принтера может послужить устройство американского производителя 3D Systems ProJet MJP 3600W. Оно печатает только специальным воском выплавляемые формы для ювелирного или литейного производства.

Принтеры для прототипирования деталей перед производством традиционным способом. Важно: прототипы могут быть как функциональные, то есть имитирующие прочностные свойства будущего изделия, так и для «проверки на собираемость». Когда важно получить прототип точной и достаточно сложной формы, но он может быть непрочным и недолговечным. К этой же категории отнесем «полноцветные» аппараты, имитирующие внешний вид будущего объекта, фактически создающие «визуальные прототипы». Набор применяемых материалов может быть не таким уж широким, устройство может быть как защищено от использования сторонних «расходников», так и открытым. Это не так критично, как для предыдущей категории специального назначения, потому что требования не такие жёсткие. Пример: UnionTech Pilot 450 (Китай) – стереолитографическая установка общего назначения, открытая для использования фотополимеров сторонних производителей.

3D-принтеры широкого профиля для исследований свойств различных материалов. Вам нужен гибкий резиноподобный прототип высокого качества поверхности – пожалуйста, прозрачная деталь – запросто! Огнеупорная негорючая прокладка – да легко! Сегодня Вы печатаете поликарбонатом, завтра полипропиленом, послезавтра новомодным высокотемпературным химически инертным материалом РЕЕК(полиэфирэфиркетон), а потом обычным пластиком для настольных принтеров? Тогда для Вас оптимален профессиональный 3D-принтер широкого профиля. Только помните, что универсальность дорого стоит, да и материалы порой очень и очень недешевые. Однако то, что Вы сможете создать, способно повергнуть в шок даже видавшего все виды (кроме аддитивного построения) конструктора. Хороший пример - FDM установка INDUSTRY F420 польского производителя 3DGence. Благодаря temperируемой подогреваемой камере и трём сменным печатающим головам она способна использовать абсолютно все (это не опечатка!) представленные на рынке материалы термопласты в виде нити.

Устройства аддитивного построения с большой рабочей камерой. Условно примем, что если сумма трёх измерений (ширина+длина+высота) рабочей камеры устройства равна или превышает 2 метра, то это уже устройство с большой камерой. От настольных оно отличается тем, что на столе его разместить уже не удастся. Да и ценник такого 3D-принтера, если он реально способен создавать большие детали, явно выйдет за границы класса персональных моделей. Это связано с возрастающими в кубе при увеличении габаритов техническими проблемами при конструировании – и рама должна быть жесткой, и производительность высокой, иначе результатов аддитивного построения придётся ждать

годами. При увеличении линейных размеров изделия в 2 раза его объем, вес, время построения увеличивается ...в 8 раз! В качестве примера годится немецкий BigRep ONE с рабочей камерой 1м x 1м x 1м

В каких случаях следует выбрать класс профессиональных 3D-принтеров:

1. Если вам надо «не в игрушки играть, а делом заниматься», для осуществления профильной деятельности предприятия на ежедневной основе в режиме 24/7.
2. Если бюджет позволяет приобрести устройство такого класса: условно от нескольких десятков тысяч до нескольких сотен тысяч долларов.
3. Когда себестоимость полученного прототипа, оснастки или опытного образца не играет роли. Главное – возможность изготовления абсолютно уникального или высокоспециализированного объекта.
4. Когда Вы готовы попасть в зависимость от дорогостоящих и не всегда доступных «по первому свистку» расходных материалов. Или наоборот, Вы готовы экспериментировать с различными материалами, даже не зная заранее, получится приемлемый результат или нет. Вам важна сама возможность проведения подобных экспериментов.
5. Пожалуй, самое главное и определяющее успех применения подобного устройства у вас на предприятии – наличие квалифицированного персонала. Никогда не приобретайте профессиональное устройство первым! Или если Вы решитесь на такой рискованный шаг, сначала «купите» опытного оператора. Самые лучшие операторы-профессионалы по опыту, это энтузиасты, у которых дома есть персональный 3D-принтер, они понимают и чувствуют аддитивное построение, но уже переросли своего домашнего любимца и хотят более серьезного применения своим навыкам.

Важно: не технология аддитивного построения определяет класс устройства, а наоборот. Сделать правильный выбор класса устройства Вам поможет Таблица сравнения признаков классов аддитивных устройств (Табл. 5.3).

Класс «Промышленные производственные 3D-принтеры»

Определить принадлежность установки аддитивного построения к этому классу, в каком-то смысле, проще. Если нужно половину цеха промышленного предприятия выделить – это точно «производственный» 3D-принтер. Сложнее определить тот момент, когда вам уже пора перейти от профессионального к промышленному устройству. Это произойдет, когда вы точно определите то место в вашем производственном процессе, применение в котором аддитивной технологии даст устойчивый экономический эффект уже не в рамках вашего отдела перспективных разработок, а в масштабах всего промышленного или даже индустриального предприятия. Промышленные производственные аддитивные установки просто обязаны вследствие своей высокой производительности потреблять расходные материалы мешками или бочками. Себестоимость получаемых изделий, заготовок или оснастки может быть как низкой, так и высокой, но она должна быть существенно ниже аналогичных затрат при традиционных способах производства. А еще должно сокращаться время производства конечной продукции завода, и не только за счет сокращения времени на одном участке, где применено аддитивное построение, но и за счет оптимизации всех производственных процессов благодаря внедрению новых аддитивных технологий. Экономический эффект должен быть не просто заметным, он должен стать значительным, иначе внедрение промышленного 3D-принтера не дало ожидаемого эффекта.

Основные признаки «промышленного производственного» 3D-принтера:

1. Высокая стоимость самого устройства, но низкая у расходных материалов.
2. Размер такого принтера обычно большой. Индустриальный уровень безопасности, обязателен допуск службы техники безопасности предприятия.

3. Рассчитаны на размещение в цеху промышленного предприятия с особыми требованиями по климату, вибрациям, запыленности и т.п. Как правило, трехфазное электропитание 380 вольт, иногда на десятки киловатт.
4. Вся бригада операторов такого принтера должна обладать высоким уровнем профессиональных знаний высококвалифицированных работников промышленного предприятия. Профильное обучение, регулярные курсы повышения квалификации обязательны. Предыдущий опыт работы на аддитивных устройствах желателен, но... необязателен. Потому что работа на подобном оборудовании ближе к управлению индустриальных станков с ЧПУ, чем к экспериментам на домашнем персональном принтере.
5. Пуско-наладочные работы, техническое обслуживание и замену ресурсных элементов выполняет сертифицированный сервисный инженер Производителя или его регионального представителя. Эти виды услуг неотделимы от поставки оборудования.
6. Расходные материалы поставляются мешками, бочками, вёдрами и в индустриальных объемах. Нет и речи о поиске и покупке их на рынке в процессе работы. Контракт на поставки расходных материалов с крупными поставщиками подписывается на долгий срок одновременно с запуском оборудования или даже заблаговременно заранее. «Высшим пилотажем» при использовании промышленной аддитивной установки считается организация вторичного использования сырья после переработки использованной оснастки/заготовок.
7. В результате себестоимость получаемой производственной оснастки, заготовок или деталей обязана должна стать значительно ниже произведенных ранее по традиционной технологии, а срок всего производственного цикла/процесса существенно сократиться.

Дополнительные категории профессиональных 3D-принтеров

Их оказывается всего две: «узкоспециализированные» и «широкого применения».

Узкоспециализированные закрытые устройства специального назначения. Они способны выполнять всего одну определенную технологическую операцию, но мегаэффективно. В другой статье на данном сайте подробно рассмотрены устройства для прямого изготовления песчаных форм в литейной промышленности. При грамотной загрузке оборудования экономический эффект получится астрономический, а сокращения времени отдельных операций возможно от нескольких месяцев до одних суток! Примеры узкоспециализированных промышленных устройств: установки для прямого изготовления песчаных литейных форм (без модельной оснастки) ExOne (Германия), VoxelJet (США) и FHZL (Китай).

Производственные установки широкого применения, в отличие от одноименных профессиональных устройств, не работают на широком спектре материалов. На промышленных принтерах набор сырья всегда ограничен экономической и производственной целесообразностью. Широкое применение в данном случае надо понимать буквально. На устройстве с очень большой рабочей камерой (до десяти кубометров или даже больше) печатают и модельную оснастку, и сборочные стапели, и вышедшие из строя детали другого промышленного оборудования - то, что в данный момент нужнее. Наибольшей популярностью этот класс оборудования пользуется в ремонтных подразделениях крупных концернов, состоящих из целого ряда заводов. Ширина применения получается как по виду напечатанных деталей, так и территориальная. Грамотное применение устройства данного класса способно сократить время простоя основного оборудования на порядок – до нескольких недель до нескольких часов. Тогда косвенный экономический даже эффект от одного случая применения может превысить немалую стоимость аддитивной установки. В качестве примера можно привести шведскую установку аддитивного построения послойного наплавления пластика из гранул (FGF) BLB Industries The BOX.

В каких случаях следует выбрать класс промышленных 3D-принтеров:

1. Если применение данного устройства обеспечит значительный экономический эффект в рамках всего индустриального предприятия, либо существенно снизит длительность производственного цикла.
2. Если бюджет позволяет приобрести устройство такого класса: от нескольких сотен тысяч долларов до ... страшно даже представить.
3. Когда себестоимость полученных оснастки, заготовок или деталей будет значительно ниже произведенных по традиционной технологии, например, на фрезервальном станке с ЧПУ.
4. Если Вы не только нашли постоянных поставщиков расходных материалов для промышленных установок, но и задались целью организовать вторичное использование переработанного сырья.
5. Когда Вы готовы выделить под это оборудование половину или целый цех вашего завода и бригаду высококвалифицированных промышленных работников.

Подведём итоги.

Изначальная ошибка в определении класса приобретаемого оборудования может привести к обратному эффекту от его внедрения. Из опыта продаж разочарование у покупателя возникло после попытки использования настольного персонального принтера как профессионального, потому что деталь сложной формы не удалось напечатать (ни с первого, ни с десятого раза). Более того, ограничения по возможностям стало «откровением» для пользователя: «Как, разве на нём нельзя напечатать всё, что я хочу? Я же по телевизору видел!»

После постоянного ежедневного использования такой принтер прожил всего 3 месяца и пришел в полную негодность, хотя это была далеко не самая дешевая и простая модель вполне уважаемого производителя. Суть ошибки – в режиме работы профессионального персональный 3D-принтер и не справился с задачами, и не выдержал нагрузки. Сэкономленный при покупке бюджет обернулся потерянными деньгами, а аддитивные технологии так и не были внедрены в процессы R&D у покупателя. Такое же разочарование возникнет от попытки промышленного использования устройства профессионального класса – недостаточная производительность и высокая себестоимость полученной оснастки не позволит получить тот самый ощутимый экономический эффект, а «эксперименты ради экспериментов» на индустриальном уровне не приветствуются.

Выбор в любом случае за покупателем, исходя из задач и располагаемого бюджета, но для помощи в принятии решения в единую таблицу собраны все формальные признаки аддитивного оборудования трех описанных классов. Возможно, вовремя проставленные «крестики» наведут Вас на мысль об увеличении бюджета на приобретение или уменьшение его (если ваши задачи, помещение и персонал еще «не доросли» до класса оборудования, изначально запланированного к покупке).

Таблица 5.4 Сравнение признаков классов аддитивных устройств

Признаки / класс →	Настольные персональные	Профессиональные	Промышленные производственные
Основные цели использования 3D-принтера (FDM)	Хобби, обучение, мелкий ремонт (печать запчастей), услуги, детское творчество	Прототипирование, R&D, испытания материалов, специализированные услуги	Замена традиционных технологий на аддитивные на основном производстве
Уровень стоимости 3D-принтера	Низкий (< \$5000)	средний или высокий (\$5000-\$500 000)	Высокий или очень высокий (\$500 000 - ∞)
Производительность 3D-принтера (MJ)	Очень низкая или низкая (не более 1 кг/сутки)	От низкой до средней (до 10 кг в сутки)	От высокой до очень высокой (до 50-60 кг/час)
Уровень разрешения, качества поверхности, сложности формы готовых объектов	От низкого до среднего (0.2 мм для персональных фотополимерных устройств)	От высокого до очень высокого (разрешение до 0.05 мм)	От низкого до высокого –зависит только от требований конкретного производства
Размер рабочей камеры	Небольшой (до 30x30x30 см)	Любой - не имеет значения	От среднего до большого (несколько кубических метров)
Уровень подготовки персонала (опыт работы)	От начального до продвинутого (до 1 года опыта)	От продвинутого до профессионального (2-3 года)	Должен соответствовать промышленным стандартам
График работы 3D-принтера	Эпизодический, несколько часов в день максимум	Способен работать несколько суток подряд без перерыва	Рассчитан на круглосуточный режим работы
Стоимость расходных материалов	Розничная низкая или средняя (для инженерных материалов)	Средняя или высокая (чипованные картриджи)	Низкие или средние оптовые цены
Доступность расходных материалов	В интернет-магазинах «на каждом углу»	У авторизованных дилеров или профильных поставщиков	В промышленных объемах по контракту поставки
Использование материалов сторонних производителей	Должно быть открыто	Закрывается или с ограничениями (без гарантии результата)	Должно быть согласовано с Производителем
Требования к помещению	Отсутствуют	Служебное помещение общего назначения	Промышленное помещение, строгие требования
Требования по электропитанию	Бытовая розетка 220 Вольт	Однофазное 220 Вольт или трехфазное 380 Вольт	Индустриальное 380 Вольт до нескольких десятков киловатт
Уровень безопасности работы на устройстве	Низкий (для конструктора самосборки) или средний	Высокий	Соответствие стандарту промышленной безопасности
ПНР и техническое обслуживание	ПНР отсутствует, обслуживание проводит пользователь	Только инженер авторизованного дилера	Только представители Производителя
Себестоимость полученных напечатанных объектов	Несущественная или низкая	От средней до высокой	От низкой до средней, но ниже традиционного производства

Основные технологии аддитивного построения.

После определения класса устройства которое вас интересует, необходимо выбрать основную аддитивную технологию, подходящую для решения Ваших задач. Следующая диаграмма, позаимствованная с ресурса 3dhubs.com, показывает вам насколько много существует технологий аддитивного построения и какими основными игроками рынка они

продвигаются (Рисунок 5.2).

Однако, эта диаграмма уже устарела и не содержит нескольких очень интересных реализаций 3D-печати. Это произошло не потому, что уважаемые исследователи рынка что-то просмотрели, а потому что и рынок и технологии развиваются настолько стремительно, что информация о них устареет каждые полгода. Не следует углубляться в особенности и разнообразие всех технологий – это тема совсем другой статьи. «Как же так? – спросите Вы, – это же самое главное – правильно выбрать технологию!» Нет, самое главное – подобрать эффективное решение вашей задачи, ради которой Вы обратились к покупке 3D-принтера. Так вот, как Вы увидите очень скоро, одну задачу можно решить несколькими способами и несколькими разными технологиями, а вот эффективность ее решения гораздо сильнее зависит от правильно выбранного класса оборудования, конкретного технического решения и квалификации вашего персонала. Если у вас нет профессионального водителя, то дизельная у вас или бензиновая фура роли уже не играет. И наоборот, если вы собрались поехать в Большой театр, то не так важна автоматическая коробка на вашей легковой машине или ручная – задача будет решена успешно. Важно Вам «дать удочку, а не рыбу» – вооружить Вас правильным подходом к принятию решения.

Итак, согласно стандарту ISO/ASTM 52900 различают всего семь основных принципиальных типов аддитивного построения. Именно они находятся сверху диаграммы, давая начало всему дальнейшему развитию реализаций аддитивных технологий.

Вот следует сосредоточимся опять же для установки единой терминологии:

- Material extrusion = *Построение экструзией материалов* (FDM) – Нагретый и расплавленный материал-термопласт избирательно дозируется через сопло или отверстие. Важно: рабочий материал не обязательно в виде нити, может быть и в гранулах (FGF).
- Vat photopolymerization = *Полимеризация в резервуаре* (SLA, DLP или LCD) – Жидкий фотополимер в резервуаре селективно отверждается ультрафиолетовым излучением. Источником такого излучения может быть как лазер, так и проектор.
- Powder bed fusion = *Селективное спекание или сплавление порошкового материала* (SLS, DMLS & SLM) – источник высокой энергии избирательно плавит частицы порошка, равномерно слой за слоем наносимого от платформы.
- Material jetting = *Струйная трехмерная печать материала* (MJ) – Капли жидкого материала наносятся струйной печатающей головкой, выборочно осаждаются и отверждаются.
- Binder jetting = *Струйное нанесение связующего* (BJ) – Жидкий связующий агент наносится струйной печатающей головкой, избирательно связывает участки слоя равномерно нанесенного порошкового материала.
- Direct energy deposition = *Прямая наплавка материала высокой энергией* (LENS, LBMD) – Высокоэнергетический источник сплавляет материал при его осаждении.
- Sheet lamination = *Послойное листовое ламинирование* (LOM, UAM) – Листы материала вырезаются для достижения формы и наносятся (приклеиваются, ламинируются) послойно.

ADDITIVE MANUFACTURING TECHNOLOGIES



Find out more at www.3dhubs.com/what-is-3d-printing



Рисунок 5.2 Технологии аддитивного построения

На настоящем этапе важно не разнообразие реализаций этих основных технологий, а как они соотносятся с классами аддитивного оборудования. Не все технологии представлены во всех классах, и этому есть логичное объяснение (Табл 5.5).

Таблица 5.5 Соотношение технологии с классом аддитивного оборудования

	Настольные персональные	Профессиональные	Промышленные производственные
Material extrusion (FDM) Построение экструзией материалов	+	+	+
Vat photopolymerization (SLA, DLP, LCD) Полимеризация в резервуаре	+	+	+
Powder bed fusion (SLS, DMLS & SLM) Селективное спекание или сплавление порошкового материала	-	+	+
Material jetting (MJ) Струйная трехмерная печать материала	-	+	-
Binder jetting Струйное нанесение связующего (BJ)	-	+	+
Direct energy deposition (LENS, LBMD)(MJ) Прямая наплавка материала высокой энергией	-	+	+
Sheet lamination (LOM, UAM) Послойное листовое ламинирование	-	+	-

Причины такого неравенства достаточно объективны: не все технологии могут обеспечить простоту и невысокую стоимость 3D-принтера для класса «персональных» и не все могут достичь производительности и низкой себестоимости, чтобы подойти классу «промышленных». А вот в классе «профессиональных» представлены все технологии – это очевидно, только так можно достичь всего разнообразия возможностей, ради чего и существует этот класс оборудования. К этой таблице можно будет вернуться и дальше, а на настоящем этапе этой информации уже достаточно, чтобы двигаться дальше по намеченному логическому пути выбора. А на Вашем пути встает камень как в сказке про Илью Муромца – три пути (по классам оборудования).

Выбор технического решения настольного персонального 3D-принтера.

От камня вы повернули налево – в сторону настольного решения. Двигайтесь дальше по намеченному маршруту: набор требуемых материалов -> требования по точности/разрешению -> выбор технического решения

Набор требуемых и возможных материалов

Выбор и невелик и велик одновременно. С одной стороны, Вы ограничены только двумя основными технологиями: Экструзия материала и фотополимеризация. Вам доступны только термопласты в виде нити или жидкие фотополимеры, но их представлено на рынке уже великое множество. Таблица 5.6 далее подскажет каким набором материалов вы сможете печатать исходя из категории настольного принтера:

Таблица 5.6 Соотнесение материалов с категорией принтера

Категория персонального принтера	Технология 3D-печати	Доступный набор материалов
Конструктор «собери сам»	Экструзия материала (FDM)	Только PLA и его производные
Домашний «бытовой»	Экструзия материала (FDM)	Только PLA и его производные
Персональный рабочий инструмент	Экструзия материала (FDM), печать двумя материалами	Широкий выбор основных материалов и поддержки Смолы для технологии LCD/DLP
	Фотополимеризация (LCD, DLP)	

Соотнесите набор материалов с вашими потребностями, убедитесь в возможности их реализации и переходите к следующему этапу. Для «собери сам» и «домашнего» путь выбора завершен.

Требования по точности/разрешению и выбор технического решения

Этот этап выбора имеет смысл только для категории персонального рабочего инструмента. Рассмотрим три варианта требований.

1. Требуются максимально возможное разрешение и гладкая поверхность моделей. Разнообразием материалов и размером рабочей камеры можно пожертвовать -> Настольный 3D-принтер с LCD-дисплеем. Сейчас такие устройства стоят очень недорого, в пределах 50-70 тысяч рублей. Если LCD элемент имеет разрешение 1920x1080 (Full HD), то камера получится совсем небольшой – буквально несколько сантиметров. Путь увеличения – выбор устройства с панелью 2К или 4К.

Примеры подобных устройств: iSUN LCD 3.0 или Wanhao Duplicator 7 Plus, оба с разрешением LCD дисплея 2К: 2560x1440. Важный момент: LCD-панель имеет ограниченный ресурс, всего около 1000 часов. Поэтому если Вы собираетесь работать много, а не от случая к случаю, и работоспособность 3D-принтера для вас критична, советуем обратить внимание на устройство с проектором DLP. Как пример можно привести Flashforge Hunter. Ресурс DLP принтеров будет намного выше, но и цена тоже. В соотношении ресурса к цене Вы выиграете существенно.

2. Требуется печать прочных объектов, но достаточно простых по форме (геометрии). Вам подойдет настольный FDM принтер с закрытой камерой с одним экструдером. Поддержки вы сможете печатать только тем же материалом, что и основной объект, но для простой геометрии это вполне допустимо. Закрытая камера позволит использовать материалы с повышенной термоусадкой, такие как ABS и нейлон, зато они значительно прочнее PLA. Поверхность полученных изделий будет слоистой. Снизить такой эффект можно выбором сопла с малым диаметром, например 0.2-0.3 мм, и печати слоем 0.1 мм, но за это придется заплатить более низкой производительностью. Выберите принтер со сменными соплами. Пример подобного 3D-принтера: Picaso Designer X PRO (Россия). На рынке подобных устройств очень много, выбор у вас будет богатый.
3. Нужны максимальные возможности по использованию разных материалов и печати предметов со сложной геометрией. А гладкость поверхности пусть не так критична. Выберите решение с двумя (или более) экструдерами для возможности печати растворимой поддержки совместно с основным материалом. Удалить поддержку растворением получится и из самых труднодоступных мест вашей детали/изделия. Возможность пользоваться самыми различными материалами обеспечит закрытая камера, подогреваемый стол и нагрев экструдера до температуры 400°C. Но будьте готовы заплатить за такой 3D-принтер уже 300 000 рублей и больше. Примеры: Picaso Designer X PRO (Россия), 3DGence Double P255 (Польша), Raise3D Pro2 (Китай), Ultimaker 3 (Нидерланды). Выбор нужно делать аккуратно – конструктивно принтер с двумя экструдерами сложнее одноэкструдерного, и качественно их умеют делать только крупные известные производители.

Персональный 3D-принтер можно покупать в интернет-магазине даже без предварительной подробной «очной» демонстрации. Конкретную модель Вам представит продавец-консультант. Почитайте в блогах отзывы различных пользователей. Делайте выбор исходя из своих финансовых возможностей и бюджета – для персональных принтеров это нормально. Лучше выберите проверенную простую модель от известного производителя, чем «навороченную» неизвестного. Скорее всего, вторая работать не будет или будет недолго. Обратите внимание на наличие русского интерфейса и наглядной документации. Особенно это будет полезно, если вы (с вашим ребенком) только начинаете изучать

аддитивные технологии. Сразу обеспечьте себя стартовым комплектом расходников. Начните с печати простых моделей, бесплатно распространяемых в интернете. Двигайтесь постепенно от простого к более сложному, и вы обязательно полюбите 3D-печать.

Если прошло время, и вы осознали, что вам нужен 3D-принтер и с высоким качеством поверхности, и с возможностью применения различных материалов (в том числе очень прочных) для печати объектов сложной геометрии, то таких настольных персональных принтеров не существует. Вам пора рассмотреть класс профессиональных устройств.

Выбор технического решения профессионального 3D-принтера

Широкий выбор применимых материалов и технологий усложняет процесс выбора. Возможно почти всё, но нюансы кроются именно в слове «почти»: почти идеально гладкая поверхность, почти точное воспроизведение размеров, почти максимально достижимая теоретически прочность и т.п.

Для начала давайте вспомним, какие основные категории профессиональных 3D-принтеров мы обозначили:

1. Узкоспециализированные устройства специального назначения
2. 3D-Принтеры для прототипирования
3. 3D-принтеры широкого профиля
4. Устройства аддитивного построения с большой рабочей камерой

Алгоритм выбора технического решения для каждой категории так же подчиняется обозначенной ранее логике: возможные технологии -> набор требуемых материалов -> требования по точности/разрешению -> выбор технического решения. Но есть различия в нюансах и аспектах, на которые с первую очередь следует обратить внимание. Рассмотрим по порядку.

Выбор узкоспециализированного профессионального 3D-принтера

Вы выбираете не устройство, а готовое технологическое решение для вашей узкой отрасли – допустим, ювелирного производства или зубоорудительной клиники. Набор материалов регламентирует технология основного производства или медицинские стандарты безопасности. Экспериментам тут не место. Обратитесь к специализированному интегратору – поставщику аддитивных решений для Вашей отрасли. Запросите полный набор разрешительной и регламентирующей документации, подробное описание технологии. Попросите (или нет, даже потребуйте) ознакомиться с внедренным ранее решением. Если для этого нужно поехать за рубеж, то нужно это обязательно сделать. Почему так строго? Потому что цена ошибки – бесполезно потраченные на приобретение устройства финансовые средства. Вы не сможете применять несовместимое по технологическим или юридическим причинам аддитивное оборудование. И напротив: вовремя предоставленная вам разрешительная документация и углубленные консультации по внедрению сэкономят вам как финансовые средства, так и драгоценное время.

Итак, единственно верный путь выбора узкоспециализированного профессионального оборудования – обращение к специализированному интегратору с опытом внедрений. Все необходимое для принятия решения вам покажут, расскажут и продемонстрируют. Дублировать работу узких профессионалов в настоящей статье не имеет смысла.

Выбор профессионального 3D-принтера для прототипов и широкого профиля

Алгоритм выбора такого оборудования практически совпадает, рассмотрим его как общий. Разница заключается только в том, что для устройства прототипирования допустим закрытый принцип использования расходных материалов. В некотором смысле он даже полезен, так как обеспечивает предсказуемый результат и постоянные параметры напечатанных прототипов год назад, вчера, сегодня и завтра. Принтер широкого профиля для проведения R&D по применению в вашей отрасли и технологическом процессе различных новых материалов конечно должен быть «открытым». Во всем остальном алгоритм идентичен:

Определите, с какими материалами Вы собираетесь работать и после этого сделайте

предварительный выбор одной или нескольких из 7 описанных технологий. В этом Вам поможет следующая схема (Рисунок 5.3):

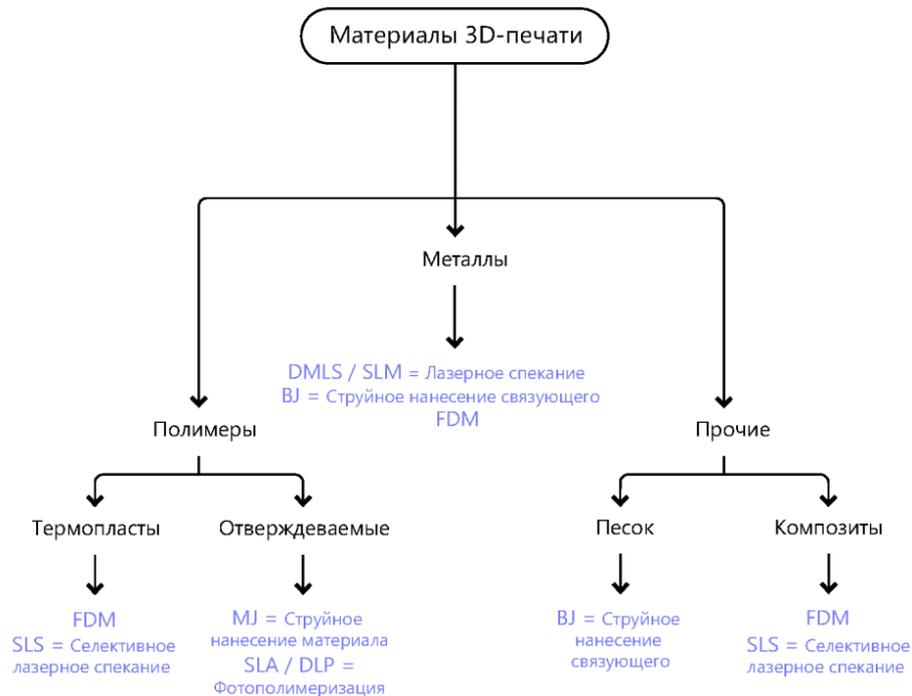


Рисунок 5.3 Выбор технологии печати по материалу

Определите, что важнее для Вашего прототипа: размеры для проверки на собираемость, прочностные характеристики, термо- и химическая устойчивость или имитация внешнего вида будущего изделия (детали, оснастки). То же самое, если вы будете изготавливать не прототипы, а сами детали или оснастку из самых различных материалов – все равно постарайтесь ответить на вопрос: «Что мне важнее?» После этого пройдите по стрелкам следующей диаграммы и снова определите возможные технологии (Рисунок 5.4):

Ваши главные требования к отпечатку на 3D-принтере

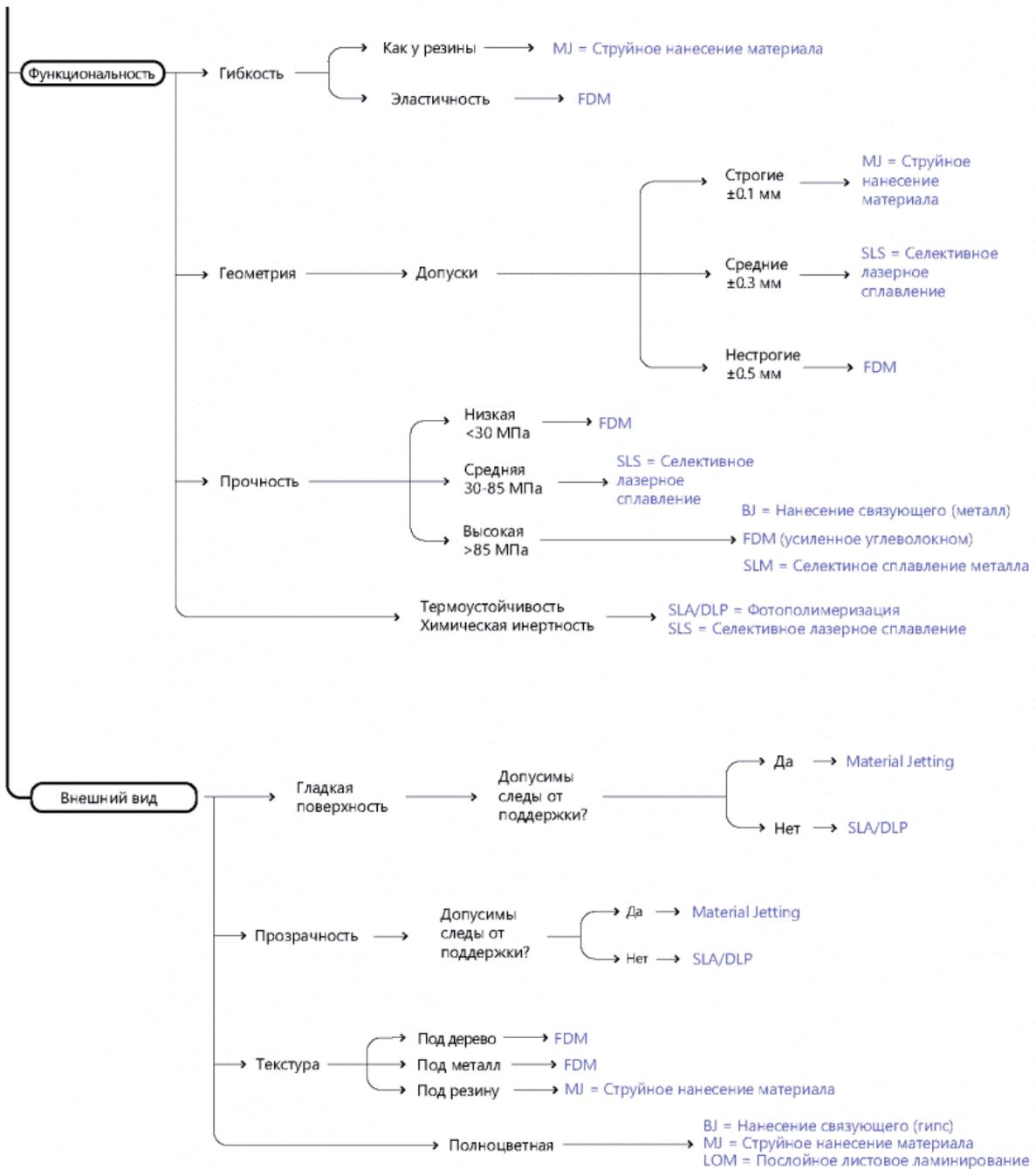


Рисунок 5.4 Выбор технологии печати по требованиям к образцу

Пересечение вашего выбора по этим двум диаграммам (Рисунки 5.3 и 5.4) даст самого вероятного кандидата. Если допустимых технологий осталось две или три – это даже хорошо, ваши задачи могут быть решены разными способами, и есть выбор по бюджету. Помните пример про Большой театр?

Следующий этап отбора – самый важный. Оцените возможности отобранных технологий-кандидатов справиться с требуемой геометрией ваших прототипов или опытных образцов. Для этого изучите следующую таблицу (Рисунок 5.5):

ПРАВИЛА ТОЧНОСТИ ГЕОМЕТРИИ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ ПО ОСНОВНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ



	Стенка с опорой	Стенка без опоры	Структуры поддержки	Выступающие и углубленные элементы	Горизонтальные балки	Отверстия	Детали с совмещением	Отверстия для высыпания	Минимальный элемент	Диаметр штыря	Допустимое отклонение
	Стены, которые соединены с остальной частью отпечатка, как минимум с двух сторон.	Неподдерживаемые стены соединяются с остальной частью отпечатка менее чем с двух сторон.	Максимальный уклон плоскости может быть напечатан без поддержки.	Элементы модели, которые выступают или углублены ниже поверхности.	Балка, которую технология может печатать без поддержки.	Минимальный диаметр отверстия, который технология может успешно напечатать.	Рекомендуемый зазор между двумя соединяющимися частями.	Минимальный диаметр отверстий для удаления лишнего материала.	Рекомендуемый минимальный размер элемента, чтобы он не перестал печататься.	Минимальный диаметр штыря, который может быть напечатан.	Ожидаемый допуск (точность размеров) конкретной технологии.
Экструзия материала (FDM)	0.8 мм	0.8 мм	45°	0.6 мм ширина и 2 мм высота	10 мм	Ø2 мм	0.5 мм		2 мм	3 мм	±0.5% (не менее ±0.5 мм)
Стереолитография	0.5 мм	1 мм	поддержка нужна всегда	0.4 мм ширина и высота		Ø0.5 мм	0.5 мм	4 мм	0.2 мм	0.5 мм	±0.5% (не менее ±0.15 мм)
Селективное лазерное сплавление	0.7 мм			1 мм ширина и высота		Ø1.5 мм	0.3 мм для движущихся и 0.1 мм для совмещаемых	5 мм	0.8 мм	0.8 мм	±0.3% (не менее ±0.3 мм)
Струйная печать материала	1 мм	1 мм	поддержка нужна всегда	0.5 мм ширина и высота		Ø0.5 мм	0.2 мм		0.5 мм	0.5 мм	±0.1 мм
Струйное нанесение связующего	2 мм	3 мм		0.5 мм ширина и высота		Ø1.5 мм		5 мм	2 мм	2 мм	±0.2 мм для металла и ±0.3 мм для песка
Прямая наплавка металла	0.4 мм	0.5 мм	поддержка нужна всегда	0.1 мм ширина и высота	2 мм	Ø1.5 мм		5 мм	0.6 мм	1 мм	±0.1 мм

Рисунок 5.5 Возможности отобранных технологий-кандидатов справиться с требуемой геометрией прототипов

Если в результате остался только один вариант – замечательно. Если же выбор так и не сделан, то возьмите более экономичное устройство. Другой важный аспект, способный повлиять на ваш окончательный выбор – перспектива дальнейшего развития технологии, появления новых материалов с недоступными ранее свойствами. На этом экономить не рекомендуется. А далее конкретную модель и производителя вам подскажет системный интегратор. Техника такого уровня в интернет-магазине «на углу» не покупается. Посетите демо-зал интегратора или участок с уже внедренным оборудованием, закажите тестовую печать и подробный расчёт ее себестоимости, выясните порядок заказа и закупки расходных материалов. Договоритесь о сроке поставки оборудования, он может оказаться до полугода, это нормально. Оговорите отдельно проведение ПНР (пуско-наладочных работ) и регламентного технического обслуживания. Полный цикл проекта по поставке профессионального аддитивного устройства занимает до года.

Выбор профессионального оборудования с большой камерой построения

Еще раз вспомните, что означает в нашей терминологии «большая рабочая камера». Это камера с суммой измерений по длине-ширине-высоте от 2м, например 70см*70см*60см. Этот критерий практически сразу оставляет две технологии: FDM и фотополимеризацию = SLA (стереолитографию). Устройства изготовления песчаных литейных форм по технологии VJ относятся к «промышленным» – вы это дальше увидите. Далее выбор достаточно прост – если не жалко финансовых средств на дорогую фотополимерную смолу и устройство стоимостью до миллиона долларов, но необходима очень высокая точность и гладкая поверхность, выберите SLA. Если бюджет поджимает, да и материалы такие дорогие нежелательны – выберите FDM, но будьте готовы к трудоёмкой постпечатной обработке – шлифованию, галтовке, шпаклёвке, покраске. Потому что поверхность получится слоистая – толщина слоя у FDM-принтеров с большой камерой может достигать 1мм, это сильно заметно и в некоторых случаях неприемлемо.

Пример выбора профессионального 3D-принтера

Давайте пройдем шаг за шагом описанный алгоритм для примера. Пусть мы – фабрика по производству мопедов. Нам нужно устройство для прототипирования рабочих деталей. Ответим на вопросы по порядку:

1. Принтер нам нужен для профильной деятельности – Да.
2. Каким бюджетом мы располагаем? – Пусть \$100 000, примерно по порядку величины.
3. Помещение общего назначения у нас есть – Да, конструкторское бюро выделит комнату.
4. Специалист у нас есть – да, у молодого конструктора есть дома простенький 3D-принтер, он с удовольствием пойдет по пути профессионального роста в аддитивных технологиях.

Тогда первый этап выбора совершен – мы купим профессиональное устройство.

1. Мы точно знаем, какие детали или оснастку мы будем печатать? Есть готова поставленная технология – нет.

Это устройство точно не будет узкоспециализированным.

1. Какими материалами мы хотим работать? – Металл или пластмасса, также желательно эластичные материалы для прототипов маслоупорных прокладок.
2. Нам важны функциональные свойства прототипов или визуальное представление – функциональные, причем нужны прочные и термоустойчивые до 200 °С.
3. Нас устраивает допуск по геометрии в 0.5 мм – да, вполне. На нашем основном производстве он не сильно лучше.
4. Нам важно иметь большую рабочую камеру? – Нет, мы не будем печатать раму мопеда, нам нужны прототипы деталей до 25-30 см.

Нам не нужно устройство с большой рабочей камерой.

Остались всего две технологии по перечисленным критериям: FDM и MJ, остальные постепенно отсеялись из-за широких требований к материалам и не самого большого бюджета.

Нам предложили «закрытый» 3D-принтер MJ с защищенными картриджами и «открытое» профессиональное FDM устройство, способное использовать высокотемпературные материалы PEEK, PEKK и PEI (Ультем), но также способное печатать эластичным термополиуретаном TPU гибкие плоские предметы. Именно на нем мы и сделали выбор. Пусть это будет FDM-принтер 3DGence INDUSTRY F420 с полным набором сменных печатных головок для возможности использования различных термопластов (Рисунок 5.6). Да и наш конструктор, хорошо знакомый с технологией FDM по своему домашнему любимцу, буквально с первого дня смог начать работу на новом устройстве без долгого подготовительного периода. Он будет пробовать все новые появляющиеся на рынке материалы, в том числе с высоким содержанием металла.

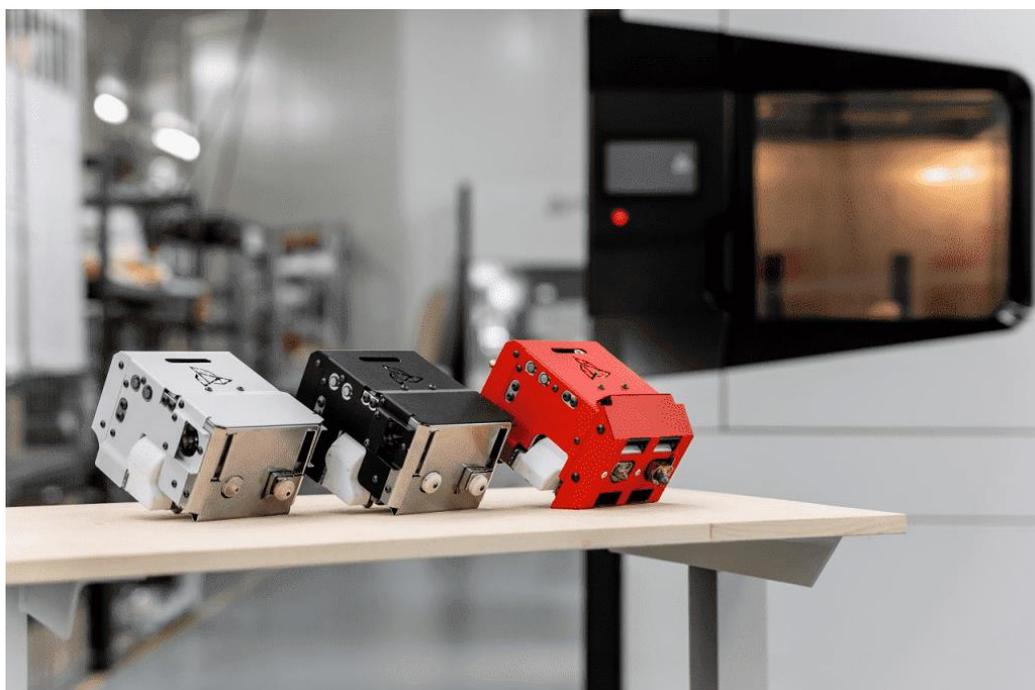


Рисунок 5.6 FDM-принтер 3DGence INDUSTRY F420 с полным набором сменных печатных головок

Специальная оговорка – это всего лишь выдуманый из головы пример, ваш путь и ваши критерии отбора будут другими, и вы выберете именно то устройство, которое даст вам максимальную эффективность применения.

Итоги: что важно при выборе и приобретении профессионального 3D-принтера

1. Четко обозначить задачи и условия его применения, чтобы выбрать категорию.
2. Убедиться, что у вас есть готовый квалифицированный персонал или озадачиться заранее его поиском.
3. Оценить доступный бюджет.
4. Определить пожелания по работе с материалами.
5. Четко обозначить требования по геометрии полученных отпечатков.
6. Определить какие основные технологии вам подойдут.
7. Выбрать одного или нескольких поставщиков-интеграторов 3D-решений, запросить у них коммерческое предложение требованиями к помещению с описанием расходных материалов: расход, стоимость, условия поставок и т.п.
8. Обязательно посетить демо-зал с выбранными устройствами или компанию, которая уже внедрила и использует данное решение.

9. Заказать тестовые образцы. Не экономьте на этом – проигрыш при ошибке с выбором оборудования или материалов будет значительно выше.

10. Принять решение о приобретении.

Выбор технического решения промышленного 3D-принтера

Выбор промышленного решения проще относительно количества вариантов, но ответственность и цена ошибки выше. Эксперименты закончены, единственным критерием успеха внедрения будет экономический эффект в рамках всего предприятия. Как правило, предлагающие промышленные решения интеграторы готовы предоставить технико-экономическое обоснование, это облегчит вашу задачу. На первом этапе выбора нужно понять нужно вам узкоспециализированное оборудование или общего широкого профиля.

Информацию для принятия решения даст анализ ваших производственных процессов: участок традиционного производства, который вы планируете заменить на цех аддитивной технологии, производит однотипные детали и/или оснастку или продукцию разного назначения. Если продукция однотипная или, тем более, одинаковая, проанализируйте какими тиражами она производится. Аддитивные технологии не эффективны при больших тиражах одинаковых деталей или продукции. Возможно, вам следует поменять свое решение и найти другой участок применения 3D-принтера. Даже применение фрезеровального станка с ЧПУ может дать больший экономический эффект (Рисунок 5.7).

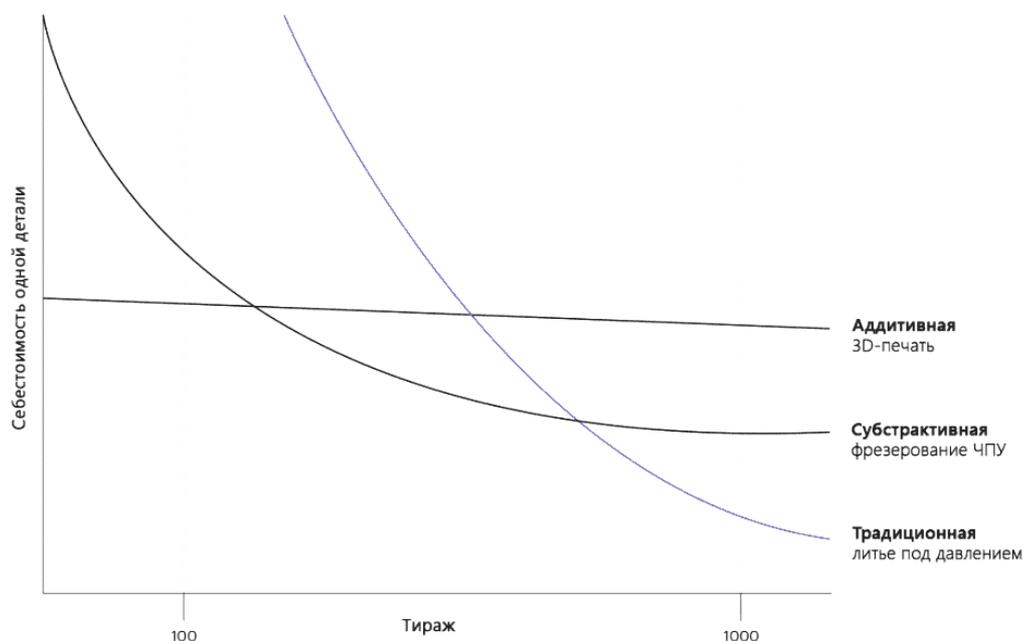


Рисунок 5.7 Зависимость себестоимости от масштаба производства

Если такую проверку ваше производство прошло, и вам надо производить однотипные детали из материалов сходных свойств (например: из цветных металлов) небольшими тиражами до 100 экземпляров, то внедрение узкоспециализированного устройства аддитивного построения может дать ожидаемый эффект. Примером подобных устройств могут быть промышленные установки по наплавке металла или установки по изготовлению песчаных форм для литья.

В случае, если тиражи, характер и тип изделий могут различаться. Более того, материалы могут применяться разные в зависимости от локальной задачи, следует остановить выбор на установке широкого профиля. В качестве примера могу привести установку послойного наплавления BLB Industries The BOX (Швеция), использующую в качестве сырья термопласты в гранулах. В зависимости потребности на ней можно строить и гидротехнические конструкции из водоупорного пластика, и модельную оснастку (формы) для литья «в землю», и сборочные стапели из прочного угленаполненного полиамида.

Израсходованную или сработанную оснастку достаточно просто и экономично перемолоть обратно в пластиковые гранулы и использовать повторно. Такие установки, использующие гранулированные термопласты в качестве сырья, производят и в США и в Китае, совмещая с фрезеровальным станком с ЧПУ для постобработки до достижения гладкой поверхности. Вариантов становится всё больше и больше, сырьё для промышленных аддитивных установок дешевеет, а выбор его увеличивается. Многие крупные концерны в США и Европе уже активно используют промышленные установки аддитивного построения: Boeing, Airbus, Ford, Deutsche Bahn и прочие. Сочетание на современном производстве всех трех видов технологических операций: традиционных, аддитивных и субтрактивных позволяет достичь уровней оптимизации производственных процессов совершенно недоступных ранее.

Со стороны Покупателя выбор оборудования для промышленного использования более похож на приобретение узкоспециализированного профессионального 3D-принтера. Техническое решение будет предложено на основе анализа потребностей и особенностей вашего производственного процесса. Это должны делать профессионалы уже даже не с двух, а с трех сторон: покупатель, интегратор и производитель. Проект оснащения промышленной аддитивной установкой обычно начинается с визита на завод-изготовитель.

Оборудование стоит недешево, и даже понимание высокого уровня культуры производства такой техники создаст доверие, необходимое для глубокой проработки проекта. Стадии изготовления тестовых отпечатков тоже следует провести до принятия окончательного решения. «Высшим пилотажем» будет привлечение производителя расходных материалов и тестовая печать именно из того сырья, которое вы заложили в ваш бизнес план. После этого следует проработка размещения оборудования и план подготовки цеха-участка аддитивного построения. Эти затраты также нужно учесть как «долгие» инвестиции.

После утверждения инвестиционного плана руководством предприятия последует стадия получения сертификатов на материалы, проработку соблюдения условий промышленной безопасности, обучение персонала. Квалифицированный оператор станка с ЧПУ способен освоить аддитивные технологии, но у новых процессов всегда есть свои слабые и подверженные риску стадии. Их нужно сначала изучить теоретически, а потом «почувствовать» уже в процессе эксплуатации. Как правило, обучение персонала проводят представители Изготовителя, они лучше всего знают своё оборудование и уже обладают опытом разрешения проблемных ситуаций. Неотъемлемой частью проработки проекта должно стать создание запаса ресурсных и заменяемых по регламенту частей. Простой такого оборудования недопустим, об этом следует позаботиться заранее.

Последим не менее важным этапом должно стать заключение долгосрочного контракта на регулярные поставки расходных материалов с четкими обязательствами по срокам поставки. Поставщик и производитель оборудования могут совпадать, а могут и быть совершенно разными организациями. Наилучшим вариантом даже для импортного оборудования станет использование российского сырья, если возможно – это обеспечит и устойчивость поставок и минимальную себестоимость. Пример: намного проще приобретать кварцевый песок для установок построения литейных форм в России, чем везти его вагонами из-за рубежа, благо это возможно и сырьё достаточного качества в нашей стране уже есть.

Итоги: что важно при выборе и приобретении промышленного 3D-принтера

1. Определить производственный участок его будущего применения
2. С помощью Интегратора и Производителя выбрать техническую реализацию
3. Оценить возможную экономическую эффективность от применения
4. Ознакомиться очно с потенциальным предприятием-производителем
5. Проработать план организации помещения, эти затраты – тоже инвестиционные
6. Подготовить подробный инвестиционный план и определить срок окупаемости

7. После одобрения инвестиционного плана подготовить разрешительную документацию
8. Заключить договора поставки, с обучением персонала, проведением пуско-наладочных работ, установки и настройки программного обеспечения подготовки заданий
9. Запланировать запас ресурсных частей согласно плану технического обслуживания
10. Организовать обучение персонала представителями производителя и интегратора
11. Заключить долгосрочный договор регулярных поставок расходных материалов
12. Начать работать, оптимизировать процессы на предприятии благодаря использованию новых возможностей и сокращения сроков. Этот процесс тоже не произойдет мгновенно.

Изложенные подход и алгоритмы получены благодаря опыту поставок Системного интегратора **i3D** (<https://i3d.ru>) аддитивного оборудования от настольных принтеров до промышленных установок. Этот опыт поможет вам в освоении этой новой и очень динамично растущей области человеческих знаний и умений, а также успешно и эффективно решить ваши задачи – от первого знакомства до полной перестройки производства индустриального предприятия.

ЗАДАНИЕ. ВЫБОР 3D СКАНЕРА

Используя базу данных 3D сканеров (заполненную в модуле 3) подобрать оборудование под заданные требования.

Пример таблицы вариантов (Рисунок 5.8).

5 Выбор сканера				
Требования	1	2	3	4
Точность, мкм (первое слагаемое в объемной точности)	40	30	50	100
Разрешение, мм		0,1		0,2
Скорость сканирования, точек/с	2x10E6	1,3x10E6		до 2 м
Габариты сканируемой детали	2 м	4 м		2-20 с
Расстояние до объекта сканирования	30-40 см	30 см	15-40 см	29-48
Зона сканирования	30x20 см	30x30 см	20x12 см	70x70
Условия сканирования	офис	гараж		цех
Поверхность объекта сканирования	металл			метал
Цветопередача	да		да	да

Рисунок 5.8 Таблица вариантов

В отчете составить таблицу сопоставления значимых требований своего варианта с характеристиками выбранного оборудования:

Таблица 5.7

Требования	Вариант 1	Выбранный сканер (название)
Точность, мкм	40	
Разрешение, мм		
Скорость сканирования, точек/с	2x10E6	
Габариты сканируемой детали	2 м	
Расстояние до объекта сканирования	30-40 см	
Зона сканирования	30x20 см	

Условия сканирования	офис	
Поверхность объекта сканирования	металл	
Цветопередача	да	

Максимальное количество баллов за задание – 30

Критерии правильного подбора:

1. Ответ должен содержать ссылку на БД сканеров в курсе. При необходимости следует дополнить эти БД.

2. Характеристики подобранного материала и оборудования должны быть не хуже требуемых.

Выбор 3D сканера

Сегодня 3D-сканирование занимает важное место в начале и конце производственного процесса, а также в процессе эксплуатации [30-32]. Инженеры, конструкторы, разработчики, дизайнеры и прочие специалисты используют 3D-сканер для начала создания цифровой модели детали, опираясь на уже созданную деталь (обратное проектирование), использование бионических форм или оцифровки сложных криволинейных поверхностей.

После производства, 3D-сканирование может быть применено для оценки точности получаемой детали путем сравнения математической модели детали со сканом. В процессе эксплуатации детали 3D-исследование поможет оценить износ и деформацию, и принять правильное и своевременное решение о ремонте или замене детали.

По типу 3D сканеры делятся на: ближнего действия (работают по принципу триангуляции на основе камер и устройства подсветки, в качестве которой может выступать маломощный лазер или структурированная подсветка) и дальнего действия, работающие по принципу измерения времени прохождения лазерного луча до объекта. Второй тип сканеров применяется для измерения крупных объектов, как правило, от нескольких метров и выше (здания, сооружения).

Основные применения.

1. Обратное проектирование – Решение задач по оцифровке оригиналов. Это необходимо если утеряны чертежи, или в деталь были внесены какие-то изменения и необходимо учесть их в модели детали. Возможность промышленного дизайна, оцифровка сложных поверхностей, полученных вручную при доработке детали по месту.

Основные критерии – удобство работы, точность и разрешение. Для таких задач стоит рассматривать стационарные решения (Рисунок 5.9) с автоматизированным поворотным столом. Если ваши детали габаритами до 1 м, вы хотите максимально автоматизировать работу.



Рисунок 5.9 Стационарный 3D-сканер

Если габариты ваших деталей от 10 сантиметров до 12 метров – хорошим решением может послужить ручной 3D-сканер (Рисунок 5.9).

2. Контроль геометрии – Решение задач по оптическому неразрушающему контролю геометрии запчасти сразу после производства или в процессе эксплуатации. Сравнение скана с математической моделью, получение значений отклонений поверхностей или проверка заданных размеров и допусков на соответствие.

Основные критерии – точность, разрешение, удобство работы. Исторически данная область задач решалась стационарными 3D-сканерами (Рисунок 5.9) с технологией структурированного света, но было сложно контролировать детали больших габаритов. Сейчас появились мобильные ручные сканеры (Рисунок 5.10), которые позволяют контролировать детали с габаритами до 12 метров.



Рисунок 5.10 Ручной 3D-сканер

3. Визуализация– Решение задач по быстрой оцифровке существующих деталей для создания модели на экране. Позволяет добавить внешний вид вашего изделия на сайт, в презентацию, виртуальный тур\музей.

Основные критерии – простота работы, скорость работы и возможность сканирования в цвете. Для этой задачи подходят ручные 3D-сканеры с возможностью сканирования в цвете. Также можно использовать небольшие стационарные аппараты, это поможет сэкономить.

4. Архивирование - Возможность сохранения геометрии объекта для дальнейшего анализа при возникновении потребности.

Основные критерии – простота работы, скорость работы, точность. Задача может быть решена стационарными 3D-сканерами для деталей габаритами до 2 метров. Для работы с деталями больших габаритов мы рекомендуем ручные решения.

Основные критерии, по которым нужно выбирать 3D-сканер

Точность – это основной параметр любого профессионального 3D-сканера. Обычно под точностью сканирования понимают допустимое отклонение каждой точки полученной 3D-модели от физического образца. Измеряется в микронах (1 микрон = 0,001 мм).

Высокоточные 3D-сканеры (10-30 микрон). Обеспечивают максимальное качество получаемых данных. К этой группе относятся самые точные системы 3D-сканирования с минимальными погрешностями: некоторые модели 3D-сканеров корейской компании Solutionix и немецкой GOM.

3D-сканеры общего назначения (30-100 микрон). Самая большая группа 3D-сканеров, которые подходят для решения широкого круга задач в самых разных областях. Сюда относятся ручные устройства компаний Artec3D, ScanTech и Creaform, отечественные сканеры RangeVision.

3D-сканеры точностью меньше 100 микрон. Здесь представлены устройства, в работе которых не требуется ультра-точное считывание форм объектов. Например, это ландшафтные и архитектурные лазерные 3D-сканеры FARO. При оцифровке помещений или

строительных объектов отклонение на 200-300 микрон допустимо и не критично.

Точность сканирования может быть улучшена с использованием системы фотограмметрии (Рисунок 5.11).



ScanTech MSCAN-L15 (релиз 2020 года)

Характеристики

Отрасли применения	Архитектура / Авиационно- Космическая отрасль / Автомобилестроение / Машиностроение / Нефтегазовая отрасль / Образование и исследования / Железнодорожная отрасль
Тип установки	Ручные
Технология	Фотограмметрия
Объемная точность	15 мкм/м
Наличие текстур	Нет

Рисунок 5.11 Система фотограмметрии

Разрешение – важный параметр. Он определяет каков минимальный размер элемента, который будет хорошо различим на нашем 3D-скане. Очень важно понимать, что значение разрешения может быть хуже, чем значение точности и это не линейно зависимые параметры. Обработка сканов с большим разрешением – трудоемкая и долгая задача. Поэтому многие устройства позволяют делать сканы с различным разрешением, за счет программного или аппаратного решения, чтобы оптимизировать значение данного параметра под вашу задачу.

Не стоит путать точность с детализацией (разрешением). Детализация - это степень дискретности, с которой 3D сканер позволяет оцифровать объект. Она выражается в минимальном шаге между измеренными точками (минимальный размер треугольника в полигональной модели) и определяется техническими параметрами 3D сканера (разрешение матрицы, область сканирования) и программными установками. Чем выше степень детализации, тем более мелкие элементы будут проявлены в полученной 3D модели. Высокая детализация важна при сканировании художественных изделий с мелким узором, деталей с маленькими элементами и т.п. При этом совершенно не обязательно, что сканер с высокой детализацией будет обладать высокой точностью, равно как и наоборот (Рисунок 5.12). Большое количество пикселей камеры совсем не означают качественную оптическую систему, профессиональные инструменты калибровки и профессиональные программные алгоритмы.

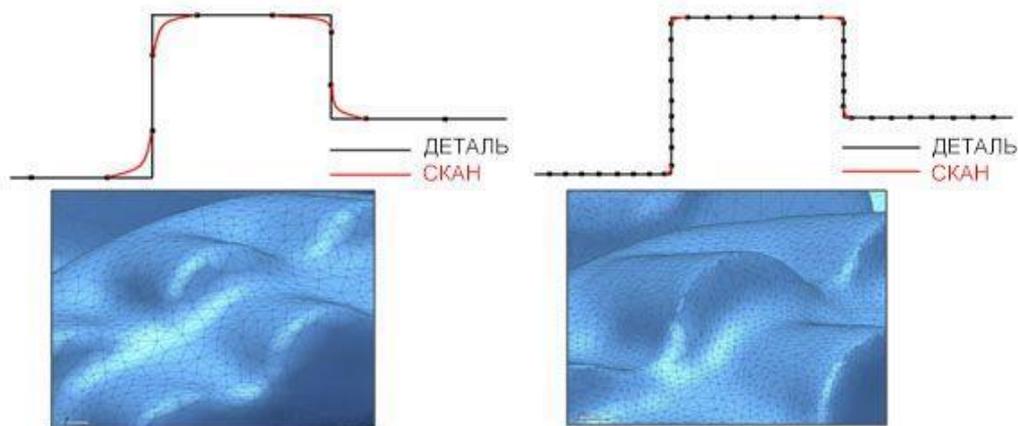


Рисунок 5.12 Результаты сканирования в зависимости от оптической системы сканера

Цена оборудования – сразу после основных технических характеристик идет экономическая. В зависимости от технических характеристик, простоты использования, удобства, известности бренда формируется цена устройства. Правильное понимание задач и условий работы оборудования помогут вам подобрать наиболее эффективное по цене решение.

Скорость сканирования – это комбинация скорости сбора данных, их передачи на компьютер и скорости работы алгоритмов обработки данных для получения финального результата. Необходимо, чтобы к сканеру прилагалось программное обеспечение, которое легко использовать. Сам процесс работы 3D-сканера это только начало, для получения финального результата обязательно потребуется обработка в программном обеспечении, поставляемом со сканером. Функциональность и удобство интерфейса программного обеспечения так же важны для общего показателя скорости сканирования.

Габариты сканируемой детали – параметр, определяющий удобство использования той или иной системы.

— Небольшие детализированные объекты (пресс-формы, детали устройств, ювелирные украшения и пр.). К оцифровке таких изделий обычно предъявляются высокие требования по точности измерений. Универсальный вариант для сканирования подобных предметов — 3D-сканер Artec Space Spider(справа). Для решения задач по технической оцифровке промышленных деталей и пресс-форм (когда требуется максимальная точность) подходят 3D-сканеры GOM.

— Объекты среднего размера (человек и части его тела, автомобиль, скульптура, большие детали и пр.). Предметы размером от футбольного мяча до легкового автомобиля не всегда удобно оцифровывать стационарным 3D-сканером. Поэтому для сканирования этой категории объектов обычно используются ручные 3D-сканеры, которые позволят свободно перемещаться относительно объекта сканирования. Универсальным решением в этой области считается Artec Eva(слева на предполедней картинке). Это устройство позволяет быстро (16 кадров/сек) считывать форму, цвет и текстуру объекта с точностью в 100 микрон.

— Большие объекты (здания, коммуникации, грузовые автомобили и пр.). Для сканирования масштабных объектов требуется, чтобы сканер считывал форму на больших расстояниях (0-300 метров). Поэтому для 3D-сканирования, например, фасадов зданий, помещений, рудников и шахт, нефтяных платформ и других подобных объектов используют лазерные 3D-сканеры. Они обеспечивают быстрое и точное (~1 мм) построение 3D-модели объектов на расстояниях от 0 до нескольких сотен метров.

Для деталей габаритами менее полуметра идеально подходят стационарные системы с поворотным столом. Для деталей габаритами до 8 метров – подходят ручные 3D-сканеры.

Если необходимо сканировать детали с габаритами до 12 метров – можно использовать комплект ручной 3D-сканер + фотограмметрия. Для сканирования деталей с большими габаритами можно – так же использовать комплект стационарный 3D-сканер + фотограмметрия, но ручные решения более эффективны.

Как правило, сканеры могут сканировать объекты разных размеров, но, в любом случае, в том или ином диапазоне. Есть модели сканеров со сменными объективами, которые могут перенастраиваться на различные области сканирования и тем самым сканировать объекты сильно различающиеся по размеру. Например, 3D сканеры AICON SmartScan-HE и StereoScan благодаря широкому диапазону измерительных зон позволяют сканировать объекты от нескольких миллиметров до нескольких метров. В то же время сканеры Artec или серия PrimeScan от AICON имеют фиксированные конфигурации под относительно узкий размерный диапазон. В этом случае, если пользователю нужно сканировать объекты сильно отличающиеся по размеру, приходится использовать 2 или более отдельных сенсоров (Рисунок 5.13).

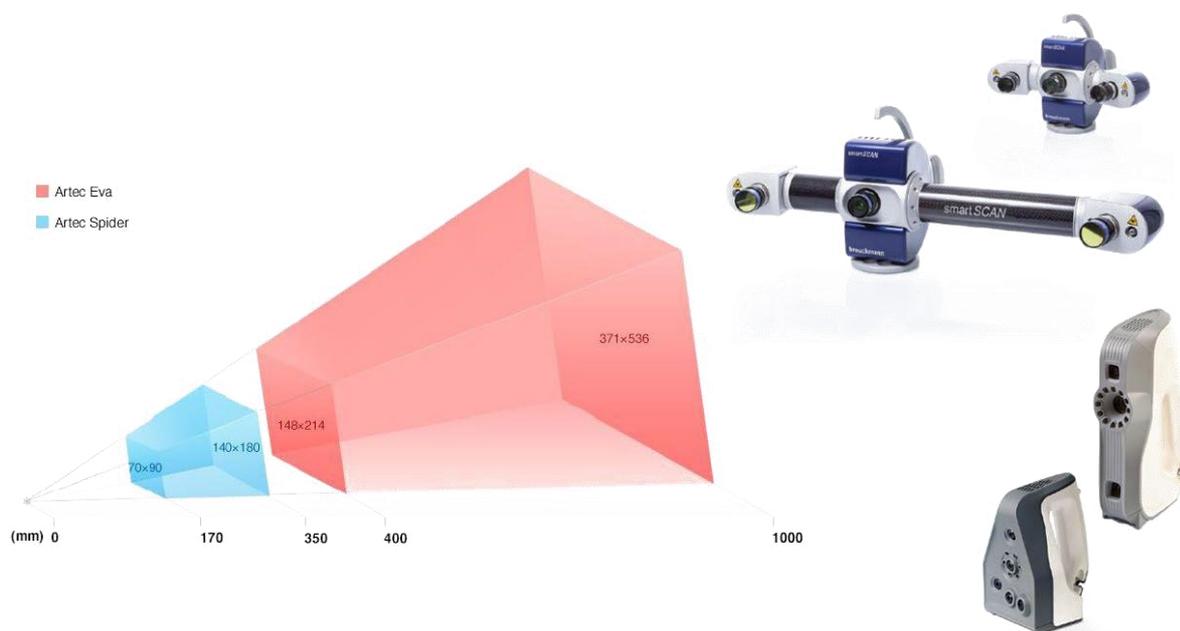


Рисунок 5.13 Отдельные 3D сканеры на разные диапазоны

Условия сканирования – очень важно при выборе измерительного оборудования понимать кто/где будет его использовать. Такие факторы как освещенность, влажность, температура, вибрации, запыленность влияют на работу разных систем по-разному. Некоторые сканеры предназначены для работы только в строго контролируемых условиях, тогда как другие специально спроектированы для работы в поле (в цеху). Определение места и условий работы крайне важно для правильного подбора оборудования.

Поверхность объекта сканирования - для большинства 3D сканеров оцифровка блестящих или черных объектов является проблемой. Самый простой способ решить эту проблему - нанесение на поверхность белого матирующего слоя из баллончика. Данный метод позволяет не только с легкость сканировать бликующие участки поверхности, но также справиться с зеркальными и прозрачными объектами. Однако, если нанесение на объект какого-либо покрытия недопустимо, а поверхность сложная, то это следует также учитывать при выборе 3D сканера. Как правило, сканеры с лазерной подсветкой значительно лучше справляются с черными и блестящими поверхностями. Некоторые модели сканеров, например, Leica HP-L-20.8, позволяют сканировать даже сильно блестящие поверхности благодаря технологии подстройки «на лету» в каждой отдельной точке.

Простота использования – технологии быстро развиваются и на рынке появляются все

новые решения, это определяет необходимость поставщикам сканеров предлагать обучение ваших сотрудников работе с оборудованием. Однако даже после обучения, людям требуется время, чтобы привыкнуть к оборудованию, получить опыт для эффективной работы с ним. Простота программного обеспечения, простота использования самого сканера очень важны для пользователя и его адаптации к новому оборудованию.

Возможность сканирования цвета – для задач визуализации и дизайна очень важна не только форма, но и цвет объекта. Правильная цветопередача может являться решающим фактором при решении задач создания виртуального музея, магазина, презентации и рекламных роликов ваших продуктов.

Выбор 3D-сканера, исходя из сферы применения и решаемых задач.

Сканирование человека и частей его тела.

Создание компьютерной 3D-модели человека может понадобиться в самых разных сферах: медицина, дизайн, производство компьютерной графики и анимации, изготовление сувениров, разработка индивидуальных вещей и аксессуаров. Сканер для работы с человеком должен быть мобилен, прост и абсолютно безопасен.

Какие параметры 3D-сканера важны: безопасность, передача цвета, мобильность.

Лучший выбор для быстрого 3D-сканирования человека — цветные оптические 3D-сканеры Artec Eva (Рисунок 5.14).



Рисунок 5.14 3D сканеры для сканирования человека

Промышленное производство

Сегодня с помощью 3D-сканеров решается самый широкий круг производственных задач. Объединяет их необходимость очень точного сбора данных, что предъявляет высокие требования к оборудованию.

Какие параметры 3D-сканера важны: высокая точность, стабильность результатов, возможность работы с объектами различного размера.

Промышленные предприятия обычно используют высокоточные оптические 3D-сканеры компаний GOM. Эти устройства гарантируют высокую стабильность измерений и точность сканирования от 10 микрон. Обладают возможностью смены оптики для более качественной работы с объектами разного размера (Рисунок 5.15).



Рисунок 5.15 3D сканеры для промышленного производства

3D-сканеры для образовательных учреждений.

Университеты из разных регионов России — постоянные клиенты компании Globatek 3D. В университетах и школах с помощью 3D-сканеров реализуются самые разные проекты. Поэтому для использования в образовательных учреждениях обычно выбирают универсальные 3D-сканеры, простые и удобные в работе.

Какие параметры 3D-сканера важны: доступность, простота обращения, универсальность, мобильность (Рисунок 5.16).



Рисунок 5.16 3D сканеры для образовательных учреждений

Оказание услуг по 3D-сканированию

Для выполнения единичной задачи по 3D-сканированию объекта не обязательно покупать 3D-сканер. Поэтому с каждым днем все больше компаний обращается в специализированные центры, оказывающие услуги по 3D-печати и 3D-сканированию. Обычно для этого приобретают 3D-сканер, способный решать максимально широкий круг задач.

Какие параметры 3D-сканера важны: универсальность (выполнять разные заказы), простота в работе (чтобы быстро обучить персонал), мобильность (выезжать на объект заказчика).

Оптимальным решением для оказания услуг по 3D-сканированию является комплект сканеров Artec Eva + Artec Space Spider. С их помощью вы сможете качественно оцифровывать широкий спектр объектов — от гайки до автомобиля (Рисунок 5.17).



Рисунок 5.17 3D сканеры для оказания услуг по 3D-сканированию

Контроль качества готовой продукции

3D-сканеры позволяют производить быстрый и точный бесконтактный контроль качества продукции. При этом важны два основных параметра: точность измерений и минимальное участие оператора в процессе. Оптимальное сочетание этих параметров демонстрирует модель Pro компании RangeVision (Рисунок 5.18).

Еще один способ контроля размеров (на этот раз – контактный) — использование координатно-измерительных машин FARO.

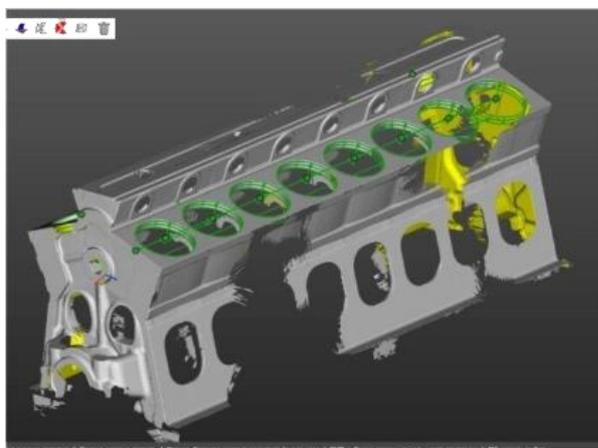


Рисунок 5.18 3D сканеры для контроль качества

Реверс-инжиниринг

В условиях импортозамещения технические решения для обратного проектирования пользуются стабильным интересом среди промышленных предприятий. 3D-сканеры сегодня играют важную роль в процессах точного снятия формы и размеров для составления производственной документации на готовые изделия.

Какие параметры 3D-сканера важны: высокая точность, современное программное обеспечение, позволяющее интегрировать результаты сканирования с САД-программами (Рисунок 5.19).

Задачи по реверс-инжинирингу различаются по сферам производства, материалам, допускам технологий. Поэтому 3D-сканеры под задачи обратного проектирования подбираются индивидуально.

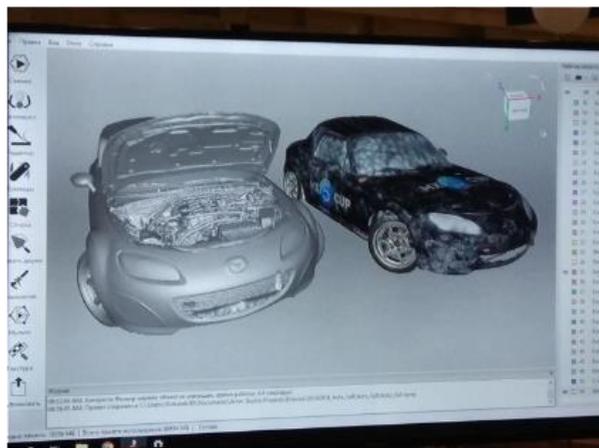


Рисунок 5.19 Совместимость 3D сканера и САД-программы

ЗАДАНИЕ. ВЫБОР ПО ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Заполните таблицу (колонки 5 и 6) для решения задач, сформулированных в колонке 3 напротив своего варианта.

Таблица 5.8 Выбор ПО для моделирования

1	2	3	4	5	6
Вариант	ФИО	Задание	Выбор вида моделирования	Выбор ПО для моделирования	Обоснование Вида моделирования и выбора ПО
1		1 Модель: Большой садовый фонтан. Цели: Создание реалистичной трехмерной модели фонтана для использования на веб-сайте садового центра, а также для печати 3D-модели для использования в качестве демонстрационного материала на выставках.			
		2 Модель: Маленький ювелирный магазин. Цели: Создание 3D-модели интерьера помещения ювелирного магазина для показа заказчику и использования для планирования расстановки мебели и дисплеев в магазине.			

В ответ на это задание напишите "Готово" после выполнения.

Максимальное количество баллов за задание - 10

Критерии правильного подбора:

В колонке 5 должны быть указаны три наиболее подходящие программы для моделирования задач (колонка 3) и выбранного ранее вида моделирования (колонка 4), а в колонке 6 добавлено обоснование этого выбора.

Выбор ПО для моделирования

Наиболее важное решение необходимо сделать на этапе выбора САПР. Вариантов много, но в основном САПР делятся на твердые, скульптурные, параметрические и полигональные [41-44].

Программы твердого моделирования используют метод, называемый «конструктивная блочная геометрия (CSG)» или аналогичные технологии, позволяя

создавать сложные 3D-формы. Популярные бесплатные программы этого вида: *SketchUp*, *Autodesk 123D* и *Tinkercad* (которая не требует установки и может работать прямо в окне Вашего браузера). В твердотельном моделировании простые формы, такие как коробки, цилиндры и пирамиды, используются для создания более сложных форм, зачастую с применением логических операций. Например, пустую коробку может быть смоделирована при помощи двух кубов разных размеров и «вычитанием» из большего меньшего.

У программ твердотельного моделирования есть три основных преимущества. Во-первых, сам процесс моделирования, как правило, более интуитивен, и чаще всего становится самым простым для новичков. Во-вторых, интерфейс позволяет легко установить точные измерения между объектами, что удобно для создания механических частей. В-третьих, программное обеспечение обрабатывает большинство вопросов, связанных с обеспечением целостности («герметичности»), несмотря на множество операций, которые осуществляются для создания сложных форм.

Скульптурные программы моделирования, такие как *ZBrush*, *Sculptris* и *Autodesk Mudbox*, позволяют использовать более свободный интерфейс, резать, тянуть, скручивать и нажимать на поверхность «пузыря», приводя ее в нужную форму. Это отлично подходит для формирования органических поверхностей, таких как лица и фигуры, но менее пригодны для точных деталей и плоских поверхностей. Отличный инструмент для начинающих — *Sculptris*, а также его младший, но дорогой брат — *ZBrush*. (Многие полигональные модельеры, такие как *Blender*, *Blender*, *Modo* и *Maya* могут предложить встроенные инструменты для скульптурного моделирования)

Параметрические программы моделирования, такие как *3vz*, довольно уникальны, так как вместо рисования фигур мышью, используются простые программы, описывающие фигуры и их различные комбинации. Такой способ идеально подходит для создания технических моделей, таких как корпуса, механизмы, так как позволяет точно задавать их габариты. С другой стороны, параметрические модельеры также будут интересны для Процедурального творчества. Такие инструменты как *Marius Watz's ModelBuilder* и *Grasshopper* ориентированы на абстрактные формы, путем создания из данных и математических формул. Например, модели вроде нервной системы и других комплексных органов невозможно создать вручную.

Полигональные программы моделирования представляют собой объекты, созданные при помощи тысячи мелких треугольников, объединенных вместе по всей модели поверхности. Наиболее известные примеры таких программ: *Blender*, *3ds Max*, *Maya* и *Modo*. Они отлично подходят для создания 3D графики и анимации, но требуют особого подхода при 3D печати. Необходимо быть уверенным в полноте модели, иначе от печати вообще придется отказаться.

Полигональные программы моделирования зачастую предлагают огромные возможности для создания моделей, но в тоже время требуют изучения. Чтобы моделирование было эффективным, необходимо освоить множество порой нелогичных принципов, вроде работы с «каре» (вместо треугольников и n-угольников), разработка «край-потолок» для быстрого манипулирования моделями, и использования подраздела «инструменты автоматического сглаживания неровностей и поверхностей органических форм».

Подготовить эффектный рекламный ролик, сконструировать проект интерьера, создать анимацию для приложения или просто яркую презентацию — всё это позволяет делать 3D-графика. Чтобы создать качественную объемную визуализацию, понадобятся специальные программы. Ниже перечислены наиболее популярные программы для 3D-моделирования. Они подойдут как новичкам — например, для быстрой визуализации своего дизайна интерьера, так и продвинутым специалистам, которые хотят отрисовать видео с максимальной реалистичностью.

Таблица 5.9 Характеристик и условий использования программ

Название	Русский язык	Цена	Лицензия	Операционная система	Форматы
Blender	да	0 \$	бесплатно	macOS, Windows, Linux, Steam	3ds, dae, fbx, dxf, obj, x, lwo, svg, ply, stl, vrlm
SketchUp	да	299 \$/год	пробная	macOS, Windows	stl, dvg, dxf, 3ds, jpeg, png, bmp
TinkerCAD	нет	0 \$	бесплатно	онлайн	tl, obj, x3d, vrn1, svg
AutoCAD	да	1090 \$/год	пробная	Windows, OS x, iOS, Android, Windows Phone	dxf, dwg, fbx, pdf, 3ds, 3dm, step
Maya	нет	4375 \$/3 года	пробная	macOS, Windows, Linux	ai, aiff, dae, dxf, dwg, eps, fbx, maya, mel, obj, stl
3Ds Max	да	1040 \$/год	пробная	macOS, Windows, Linux	stl, 3ds, ai, abc, ase, asm, dem, dwg, dxf, dwf, flt, iges, ipt, jt, nx, obj, pri, prt, rvt, sat, skp, stp, vrlm
Cinema 4D	да	3495 \$/вечно	пробная	macOS, Windows	3ds, dae, dem, dxf, dwg, fbx, iges, skp, stl, wrl, obj
ZBrush	нет	895 \$/вечно	пробная	macOS, Windows	obj, dxf, psd, tif, jpg, bmp
ArchiCAD	да	1440 \$/год	пробная	macOS, Windows	dwg, dxf, 3ds, stl, png, pdf
FreeCAD	да	0 \$	бесплатно	macOS, Windows, Linux	obj, dwg, stl, dxf, step, dae, csg, svg, iges, stel
SolidWorks	да	1168 \$/год	пробная	Windows	obj, stl, off, ply, ply2, 3mf, cgr, 3ds, wrl, xyz

Выбирать программу для изучения стоит по своему уровню:

Начальный уровень

- Autodesk TinkerCAD
- DesignSpark Mechanical
- SketchUp
- FreeCAD

Продвинутый уровень

- Autodesk AutoCAD
- Cinema 4D
- ZBrush
- Blender
- SolidWorks

Для профессионалов

- Autodesk 3ds Max
- Autodesk Maya

На что следует обратить внимание при выборе программ для 3D-моделирования?

ПО — не главная составляющая успеха дизайнера: на первом месте навыки и образование. Но начинающим дизайнерам неудобная и сложная программа может отбить желание работать и развиваться, поэтому выбирать надо внимательно.

На что обратить внимание при выборе:

- удобство использования,
- возможности и функционал,
- качество работы — минимум лагов, сбоев и торможения,
- системные требования,
- встроенный рендер или видео должны реалистично отображаться,
- язык софта — не все программы адаптированы для русскоговорящих,
- стоимость,
- наличие бесплатного периода или учебной лицензии.

Подобрать программу для моделирования непросто: высокая цена, сложный

интерфейс. Многие из них — на английском языке или частично переведены на русский. Не все знают английский, а комбинации клавиш при адаптации могут меняться.

В таблице 6.3 приведены сравнительные характеристики наиболее популярных программ для 3D моделирования

ИНТЕРАКТИВ. ВЫБОР ПО ДЛЯ ОБРАБОТКИ СКАНОВ

Задание носит не обязательный характер. Максимальное количество баллов за него — 10. Количество попыток: Не ограничено. Метод оценивания: Среднее попыток.

Суть задания заключается в подборе трех наиболее подходящих программы для обработки результатов сканирования согласно цели и задачам сканирования (Рисунок 5.20).

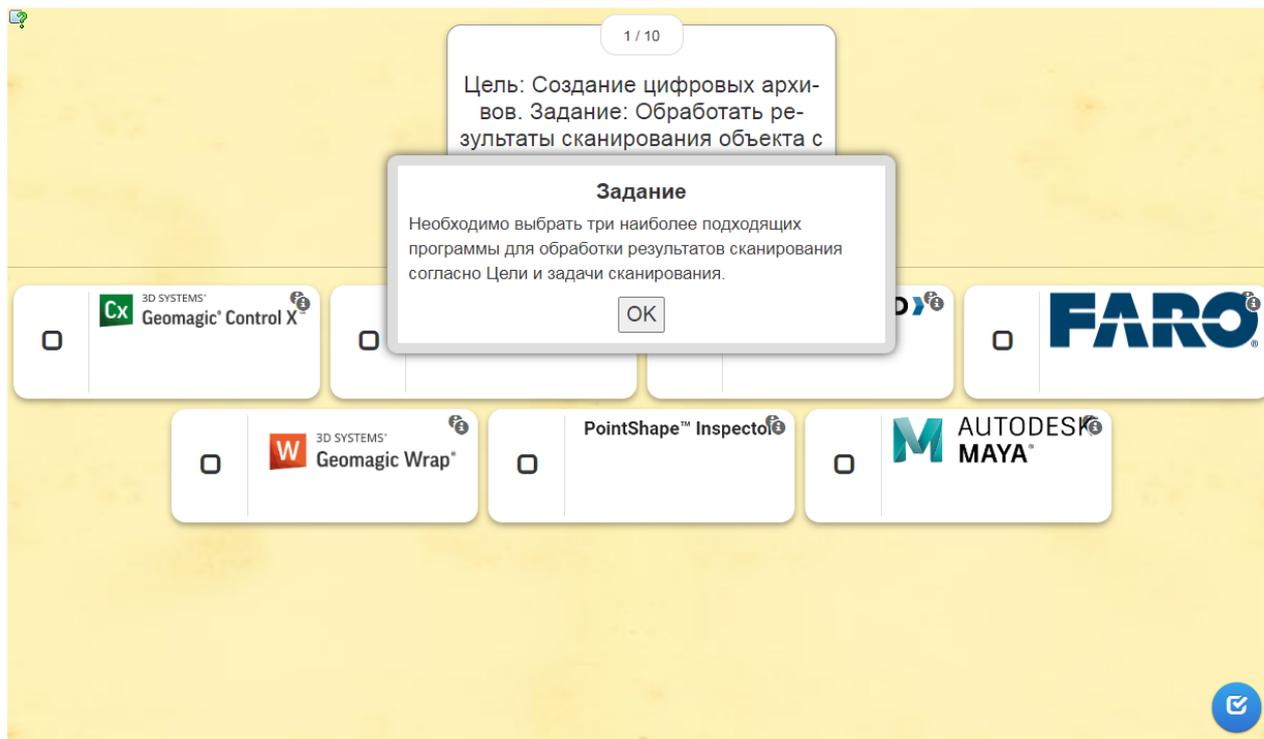


Рисунок 5.20 Интерактив. Выбор ПО для обработки сканов

ТЕСТ. ВЫБОР 3D ТЕХНОЛОГИИ

Тестовое задание по пятому модулю электронного курса.

Разрешено попыток: 5. Метод оценивания: Высшая оценка. Проходная оценка: 3,00 из 5,00

Пример тестового задания на рисунке 5.21.

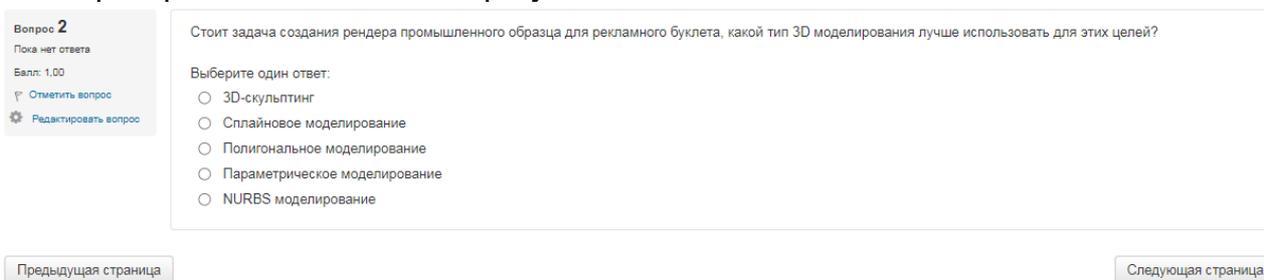


Рисунок 5.21 Тестовое задание

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПРОРАБОТКИ.

1. Какие 3D технологии существуют?
2. Как выбрать подходящую 3D технологию для конкретной задачи?

3. Какие преимущества имеют 3D технологии перед 2D технологиями?
4. Какие программные средства существуют для работы с 3D технологиями?
5. Какие аппаратные средства нужны для работы с 3D технологиями?
6. Какие основные этапы создания 3D моделей?
7. Что такое CAD и как оно используется в 3D технологиях?
8. Какие программы используются для создания 3D моделей?
9. Как использовать 3D технологии в медицине?
10. Как использовать 3D технологии в образовании?
11. Как использовать 3D технологии в архитектуре и строительстве?
12. Как использовать 3D технологии в авиационной и аэрокосмической отраслях?
13. Как использовать 3D технологии в конструкторской деятельности?
14. Что такое 3D печать и как она используется?
15. Какие материалы используют для 3D печати?
16. Как выбрать соответствующий материал для 3D печати?
17. Как влияет масштабирование на качество 3D модели?
18. Какие вопросы безопасности необходимо учитывать при работе с 3D технологиями?
19. Какие будущие направления развития 3D технологий существуют?
20. Какие проблемы современных 3D технологий можно решить в ближайшее время?
21. Какие 3D технологии существуют?
22. Как выбрать наиболее подходящую 3D технологию для своей задачи?
23. Какие параметры нужно учитывать при выборе 3D технологии?
24. Какие преимущества имеют различные 3D технологии?
25. Какие недостатки имеют различные 3D технологии?
26. Что такое FDM-печать и какие материалы можно использовать?
27. Что такое SLA-печать и какие материалы можно использовать?
28. Что такое SLS-печать и какие материалы можно использовать?
29. Что такое DLP-печать и какие материалы можно использовать?
30. Что такое MJF-печать и какие материалы можно использовать?
31. Какие программы могут использоваться для 3D моделирования?
32. Какие настройки нужно учитывать для успешной печати 3D моделей?
33. Какие параметры повлияют на качество получаемой модели?
34. Какие особенности существуют при печати крупных объектов?
35. Какая роль играет разрешение печати в качестве модели?
36. Какие возможности существуют для окрашивания и отделки печатных моделей?
37. Какие материалы подходят для создания функциональных прототипов?
38. Какие материалы лучше всего подходят для создания декоративных изделий?
39. Какие факторы могут повлиять на срок службы 3D-моделей?
40. Какие технологические ограничения нужно учитывать при выборе 3D технологии?

МОДУЛЬ 6. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ 3D ТЕХНОЛОГИЙ

ИНТЕРАКТИВ. КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ДЛЯ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ

Задание носит не обязательный характер. Максимальное количество баллов за него – 10. Количество попыток: Не ограничено. Метод оценивания: Среднее попыток.

Суть задания заключается в классификации ПО для моделирования по уровням подготовки пользователя (Рисунок 6.1).

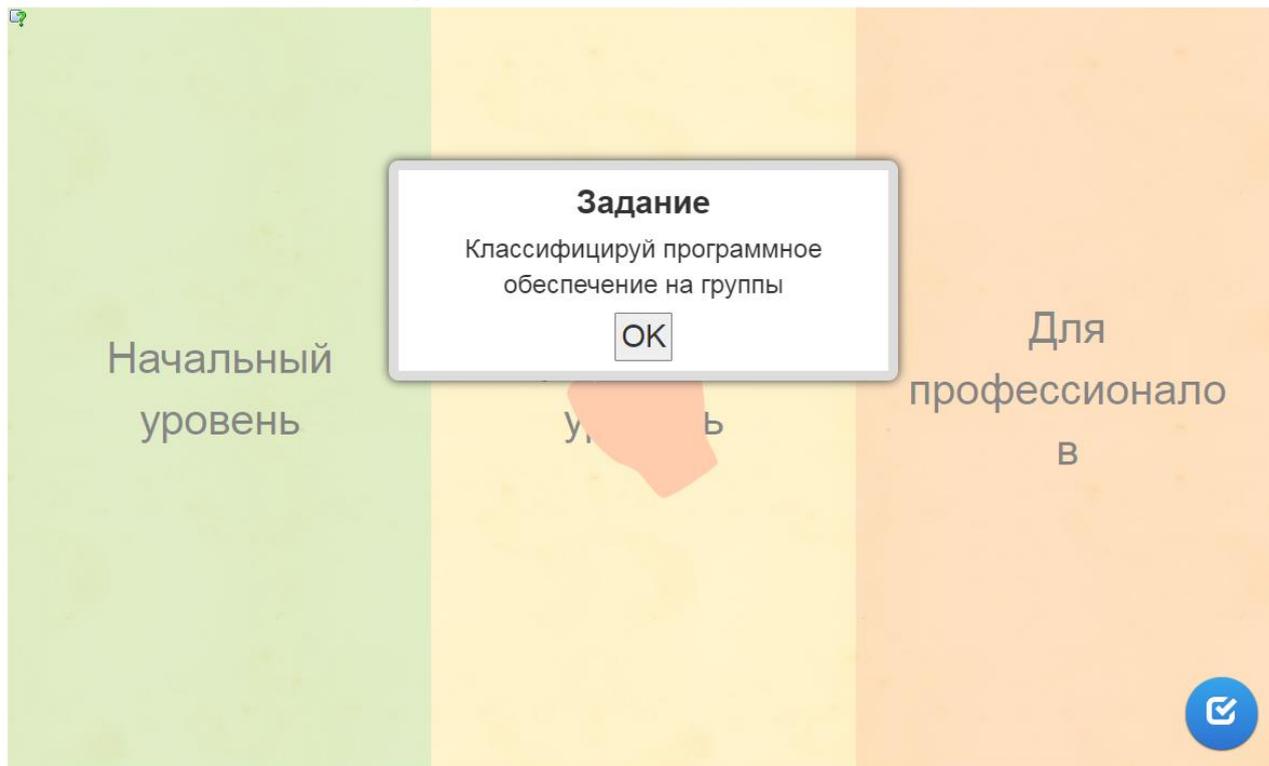


Рисунок 6.1 Интерактив. Классификация ПО для 3D моделирования

ИНТЕРАКТИВ. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ 3D ТЕХНОЛОГИЙ

Задание носит не обязательный характер. Максимальное количество баллов за него – 10. Количество попыток: Не ограничено. Метод оценивания: Среднее попыток.

Суть задания заключается в классификации ПО 3D технологий (Рисунок 6.2).



Рисунок 6.2 Интерактив. Программное обеспечение 3D технологий

ТЕСТ. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ 3D ТЕХНОЛОГИЙ

Тестовое задание по шестому модулю электронного курса.

Разрешено попыток: 5. Метод оценивания: Высшая оценка. Проходная оценка: 3,00 из 5,00

Пример тестового задания на рисунке 6.3.

Вопрос 2

Пока нет ответа

Балл: 1,00

[Отметить вопрос](#)

[Редактировать вопрос](#)

Какие приложения для смартфонов для фотограмметрического 3D сканирования рассчитаны на ближний диапазон сканирования?

Выберите один или несколько ответов:

- IMAGINE Photogrammetry
- Scann3D
- 3D Creator
- DroneDeploy
- Pix4D
- Qlone

Предыдущая страница
Следующая страница

Рисунок 6.3 Тестовое задание

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПРОРАБОТКИ.

1. Какие программы используются для создания 3D-моделей?
2. Какой формат файлов наиболее распространен для 3D-моделей?
3. Какие программы используются для анимации 3D-моделей?
4. Какие программы используются для создания виртуальной реальности?
5. Какие программы используются для создания игр с 3D-графикой?
6. Какие программы используются для создания архитектурных проектов с 3D-моделями?
7. Какие программы используются для создания медицинских симуляций с 3D-моделями?

8. Какие программы используются для создания 3D-моделей для печати на 3D-принтере?
9. Какие программы используются для создания 3D-моделей для промышленного производства?
10. Какие программы используются для создания 3D-моделей для анимации и спецэффектов в кино?
11. Какие программы используются для создания 3D-моделей для научных исследований?
12. Какие программы используются для создания 3D-моделей для обучения и тренировки?
13. Какие программы используются для создания 3D-моделей для интерьерного дизайна?
14. Какие программы используются для создания 3D-моделей для экстерьерного дизайна?
15. Какие программы используются для создания 3D-моделей для визуализации продуктов и упаковки?
16. Какие программы используются для создания 3D-моделей для создания мультфильмов и анимационных фильмов?
17. Какие программы используются для создания 3D-моделей для создания рекламных роликов и презентаций?
18. Какие программы используются для создания 3D-моделей для создания визуализации архитектурных проектов?
19. Какие программы используются для создания 3D-моделей для создания визуализации интерьеров и экстерьеров?
20. Какие программы используются для создания 3D-моделей для создания виртуальных туров и презентаций недвижимости?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технологии и материалы 3D-печати [Электронный ресурс]: учеб, пособие / А.Е. Шкуро, П.С. Кривоногой. - Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-5-94984-616-2.
2. Методы измерения 3D-профиля объектов. Контактные, триангуляционные системы и методы структурированного освещения: учеб. пособие / В.И. Гужов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2015. – 82 с.
3. Амперка : Топ-5 ресурсов с бесплатными 3D-моделями : [сайт]. – Москва 2010-2023. – URL: <https://amperka.ru/page/where-to-find-3d-models> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
4. Геоскан : Фотограмметрия, как наука : [сайт]. Geoscan LTD 2022. – URL: <https://docs.geoscan.aero/ru/master/database/complex-module/fotogrammetry/fotogrammetry.html> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
5. LIDER-3D : Как 3D технологии используются в разных отраслях : [сайт]. – Москва - 2023. – URL: <https://lider-3d.ru/wiki/nachinayushchim-v-3d-pechati/kak-3d-tekhnologii-ispolzuyutsya-v-raznykh-otraslyakh/> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
6. 3DRADAR.RU : Технологии 3d сканирования: фотограмметрия, триангуляция, структурированный свет : [сайт]. 3DRadar.ru 2022. – URL: <https://3dradar.ru/post/47801/> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
7. SHINING3D : 3D-сканеры: методы и технологии 3D-сканирования : [сайт]. Shining3D 2019. – URL: <https://www.shining3d.ru/blog/3d-skanery-metody-i-tehnologii/> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
8. i3D Интегратор : Что такое 3D-сканирование? : [сайт]. i3D 2020. – URL: https://i3d.ru/blog/dlya_mozayki/cto-takoe-3d-skanirovanie/ (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
9. Цветной Мир : Принципы работы 3D-сканера. Виды сканеров, технологии и методы сканирования : [сайт]. Цветной Мир 2021. – URL: <https://cvetmir3d.ru/blog/poleznoe/printsiyu-raboty-3d-skanera-vidy-skanerov-tekhnologii-i-metody-skanirovaniya/> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
10. Top 3D Shop : Оптические 3D-сканеры: технологии, виды, модели : [сайт]. – Санкт-Петербург, ИП Баусов Д.В.,2013-2023. – URL: <https://top3dshop.ru/blog/optical-scanners-review.html> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
11. Industru3D : Технологии сканирования : [сайт]. industry3d 2021. – URL: <https://industry3d.ru/handbook/3d-scanning-technologies/> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
12. АБС Авто : Как превратить фотоаппарат или смартфон в 3D-сканер : [сайт]. АБС Авто 2017. – URL: <https://abs-magazine.ru/article/kak-prevratit-fotoapparat-ili-smartfon-v-3d-skaner> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
13. 3D Today : 3D сканирование и фотограмметрия: плюсы и минусы : [сайт]. 3D Today 2021. – URL: <https://3dtoday.ru/blogs/bss0413/3d-skanirovanie-i-fotogrammetriya-plyusy-i-minusy> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
14. Canon Russia : 3D-фотограмметрия: превращая фотографии в 3D-модели : [сайт]. Canon Russia 2023. – URL: <https://div.ru.mycanon.net/pro/stories/3d-photogrammetry> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
15. KOLORO : Виды 3d моделирования: полигональное, сплайновое и nurbs моделирование : [сайт]. KOLORO 2023. – URL: <https://koloro.ua/blog/3d-tekhnologii/vidy-3d-modelirovaniya-poligonalnoe-splajnovoe-i-nurbs-modelirovanie.html> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.

16. KOLORO : Система автоматизированного проектирования. Параметрическое, поверхностное и твердотельное моделирование : [сайт]. KOLORO 2023. – URL: <https://koloro.ua/blog/3d-tekhnologii/sistema-avtomatizirovannogo-proektirovaniya.-parametricheskoe-poverhnostnoe-i-tverdotelnoe-modelirovanie.html> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
17. RangeVision : Преимущества NURBS при реверс инжиниринге : [сайт]. RangeVision 2021. – URL: <https://rangevision.com/application/examples/revers-inzhiniring-i-kontrol-geometrii/advantages-of-using-nurbs-in-organic-modeling-and-reverse-engineering/> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
18. ГикБрейнс : 3D-моделирование: виды, принципы, инструменты : [сайт]. GeekBrains 2023. – URL: <https://gb.ru/blog/3d-modelirovanie/> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
19. Хабр : Виды моделирования. Основы скульптинга, ретопологии и развертки : [сайт]. Habr 2006-2023. – URL: <https://habr.com/ru/post/448228/> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
20. Школа "Art and Shock" : Виды 3D-моделирования : [сайт]. Art and Shock 2023. – URL: <https://artandshock-school.com/3dblog/vidy-3d-modelirovaniya/> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
21. 3D-MODEL.NET : Виды 3d моделирования : [сайт]. 3D-MODEL.NET 2015-2022. – URL: <https://3d-model.net/uroki-videokursi/3d-grafika/6175-vidy-3d-modelirovaniya.html> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
22. iQB Technologies : От воска до металла: обзор основных материалов для 3D-печати : [сайт]. iQB Technologies 2023. – URL: <https://blog.iqb.ru/3d-printing-materials/> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
23. Globatek 3D : Материалы для 3D-печати : [сайт]. Globatek 3D 2010-2022. – URL: <https://globatek.ru/3d-wiki/3d-print-materials> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
24. 3D Service : Сравнение технологий 3D-печати: FDM, SLA, SLS : [сайт]. ТОВ "3Д Сервис" 2017-2022. – URL: <https://www.3ds.com.ua/post/%D1%81%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B9-3d-%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B0%D1%82%D0%B8-fdm-sla-sls> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
25. 3DDevice : Как выбрать технологию для настольной 3d-печати: fdm, sla и sls. Функциональные и визуальные характеристики : [сайт]. 3DDevice 2021. – URL: <https://3ddevice.com.ua/blog/tekhnologii-pechati-3d-printerov/%D0%B2%D1%8B%D0%B1%D0%BE%D1%80-%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8-3d-%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B0%D1%82%D0%B8-%D1%81%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5-%D0%BC-2/> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
26. i3D Интегратор : Как выбрать 3D принтер : [сайт]. i3D 2020. – URL: https://i3d.ru/blog/dlya_mozayki/kak-vybrat-3d-printer/ (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
27. 3Dtool : Как выбрать 3D принтер: 8 нюансов на которые стоит обратить внимание : [сайт]. 3Dtool 2013-2023. – URL: <https://3dtool.ru/stati/vybor-3d-printera-8-nyuansov-na-kotorye-stoit-obratit-vnimanie/> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
28. Top 3D Shop : Как выбрать 3D-принтер по характеристикам : [сайт]. – Санкт-Петербург, ИП Байсов Д.В., 2013-2023. – URL: <https://top3dshop.ru/blog/kak-vybrat-3d-printer-po-harakteristikam.html> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.

29. Фолипласт : Фотополимерный 3D-принтер: какой выбрать : [сайт]. "ТПК"Фолипласт" 2023. – URL: <https://www.foliplast.ru/info/articles/oborudovanie/fotopolimernyyu-3d-printer-kakoy-vybrat/> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
30. i3D Интегратор : Как выбрать 3D-сканер : [сайт]. i3D 2020. – URL: <https://i3d.ru/blog/brend-3d-printery-materialy/scantech/kak-pravilno-vybrat-3d-skaner/> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
31. Cybercom : Как выбрать 3D сканер : [сайт]. Cybercom Ltd. 2005-2022. – URL: https://cybercom.ru/info/articles/2017/kak_vybrat_3d_skaner/ (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
32. Globatek 3D : Как выбрать профессиональный 3D-сканер : [сайт]. Globatek 3D 2010-2022. – URL: <https://globatek.ru/3d-wiki/kak-vybrat-3d-skaner> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
33. Меженин А.В. Технологии разработки 3D-моделей. Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2018. – 100 с.
34. STANKIEXPERT : Программы, технологии и процесс 3D-моделирования : [сайт]. STANKIEXPERT.RU 2015-2023. – URL: <https://sterbrust.tech/tehnologii/3d-modelirovanie.html> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
35. Чем открыть : MeshLab : [сайт]. Чем открыть 2011-2020. – URL: <http://pervoiskatel.ru/soft/MeshLab> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
36. Junior : Подробный обзор программы Autodesk MeshMixer : [сайт]. Junior 2012-2023. – URL: <https://junior3d.ru/article/meshmixer.html> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
37. Vektorus : 20 самых-самых: слайсеры для 3D-принтеров, особенности ПО, его плюсы и минусы : [сайт]. Vektorus 2023. – URL: <https://vektorus.ru/blog/slajser-dlya-3d-printera.html> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
38. iQB Technologies : 17 передовых программ для обработки данных 3D-сканирования: [сайт]. iQB Technologies 2023. – URL: <https://blog.iqb.ru/3d-software/> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
39. 3DRADAR.RU : Программы для 3d сканирования : [сайт]. 3DRadar.ru 2022. – URL: <https://3dradar.ru/post/47939/> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
40. 3DRADAR.RU : Лучшие приложения 3D сканеры для смартфонов Android и iPhone : [сайт]. 3DRadar.ru 2022. – URL: <https://3dradar.ru/post/47780/> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
41. : Digital Academy : Подборка лучших программ для 3D-моделирования для начинающих и профи [сайт]. Digital Academy 2022. – URL: <https://digital-academy.ru/blog/programmy-dlya-3d> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
42. GeekBrains : 10 популярных программ для 3D-моделирования : [сайт]. GeekBrains 2023. – URL: <https://gb.ru/posts/10-populyarnyh-programm-dlya-3d-modelirovaniya> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
43. 3D технологии для дома и бизнеса : Обзор основных программ для 3d-моделирования : [сайт]. Losprinter 2018. – URL: <https://losprinters.ru/articles/obzor-osnovnyh-programm-dlya-3d-modelirovaniya/> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.
44. Основы 3D моделирования и создания 3D моделей [Электронный ресурс]: учеб, пособие – Воронеж: Центр технологических компетенций аддитивных технологий (ЦТКАТ), 2019 – 13 с.
45. 3D Print Expo : Эксперты — о перспективах 3D-технологий в промышленности : [сайт]. 3D Print Expo 2023. – URL: <https://3d-expo.ru/article/eksperti-o-perspektivah-3d-tehnologiy-v-promishlennosti> (дата обращения 1.02.2023) . – Текст : электронный.