



**Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации**

**ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского»**

Данный документ содержит материалы пилотного курса по преподаванию основ аддитивных технологий, разработанному и апробированному в 2021 году на базе Федеральной инновационной площадки присвоен ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»

Статус федеральной инновационной площадки присвоен ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского» приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 25.12.2020 г. № 1580 «Об утверждении перечня организаций, отнесенных к федеральным инновационным площадкам, составляющим инновационную инфраструктуру в сфере высшего образования и соответствующего дополнительного профессионального образования». Инновационный проект реализуется с 01.01.2021 г. Сведения приведены за истекший период реализации с 01.01.2021 г. на 30.09.2021 г. Окончательные итоги реализации проекта на протяжении 2021 года будут подведены в 2022 году.

Документ имеет следующую структуру:

1. Материалы основного обучающего курса «Основы использования и преподавания аддитивных технологий»
2. Материалы дополнительного обучающего курса «Трёхмерное моделирование деталей и сборочных единиц в системе КОМПАС-3D для последующей 3D-печати», так как без изучения данных компетенций использование 3D-печати невозможно.
3. Материалы с мероприятий по апробации.

Разработчик курса – Лагерев Игорь Александрович, доктор технических наук, профессор, проректор по инновационной работе ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», e-mail: lagerev-bgu@yandex.ru.



**Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации**

**ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского»**

Материалы основного обучающего курса «Основы использования и преподавания аддитивных технологий»

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского»**

**УТВЕРЖДАЮ
Второй проректор по учебной работе**

_____ А.И. Калоша

01 сентября 2021 г.

**ПРОГРАММА
обучающего курса
«Основы использования и преподавания аддитивных технологий»**

Брянск 2021

1. ЦЕЛЬ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

Целью программы является формирование у слушателей профессиональной компетенции, связанной с умением использовать аддитивные технологии в повседневно и трудовой деятельности.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование знаний и умений для выполнения трудовых функций согласно Профессиональному стандарту №962 «Специалист по аддитивным технологиям» (утвержден Министерством приказом труда и социальной защиты РФ 9 февраля 2017 г. №155н – в части основного содержания материала **и** Профессиональному стандарту №1 «Педагог (педагогическая деятельность в дошкольном, начальном общем, основном общем, среднем общем образовании(воспитатель, учитель)» (утвержден Министерством приказом труда и социальной защиты РФ 8 октября 2013 г. №544н – в части педагогической деятельности. В том числе:

- знание принципов формообразования в аддитивном производстве, типовую структуру послойного синтеза изделий, типы и виды дефектов изделий; устройство технологического, измерительного и исследовательского оборудования и принципы его работы; правила технической эксплуатации и порядок работы на технологическом, измерительном и исследовательском оборудовании; основы физических явлений формирования примитивных объектов технологии аддитивного производства – в рамках выполнения трудовой функции 3.2.3 «Разработка единичных технологических процессов» (наиболее близка к процессу использования 3D-принтеров в повседневной деятельности);

- знание преподаваемого предмета (в части аддитивных технологий) – в рамках выполнения общепедагогической функции (обучение);

- умение выбирать типовой технологический процесс аддитивного производства; разрабатывать оптимальные технологические режимы аддитивного производства; выявлять дефекты изделий аддитивного производства – в рамках выполнения трудовой функции 3.2.3 «Разработка единичных технологических процессов»;

Умение: предметно-педагогическая ИКТ-компетенция (в части аддитивных технологий) – в рамках выполнения общепедагогической функции (обучение).

2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

В результате освоения программы слушатель должен приобрести следующие знания и умения, необходимые для принятия оптимальных управлеченческих решений в различных хозяйствующих субъектах с использованием информационных технологий:

слушатель должен знать:

- 31: знание принципов формообразования в аддитивном производстве, типовую структуру послойного синтеза изделий, типы и виды дефектов изделий;

- 32: основы физических явлений формирования примитивных объектов технологии аддитивного производства;

- 33: устройство и правила эксплуатации технологического, измерительного и исследовательского оборудования и принципы его работы;

слушатель должен уметь:

- У1: выбирать типовой технологический процесс, разрабатывать оптимальные технологические режимы аддитивного производства, выявлять дефекты изделий аддитивного производства

- У2: преподавать основы аддитивных технологий.

3. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ПОДГОТОВКИ ПОСТУПАЮЩЕГО НА ОБУЧЕНИЕ

Лица, имеющие или получающие высшее педагогическое образование.

4. ТРУДОЕМКОСТЬ ОБУЧЕНИЯ

Нормативная трудоемкость программы составляет 42 часа.

5. ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Очная (с полным отрывом от производства). Реализация программы на базе Факультета дополнительного образования позволяет организовать подготовку без отрыва от производства в соответствии с расписанием.

6. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Учебный план программы обучающего курса

Наименование раздела, дисциплин (модулей)	Всего, ауд. час.	Аудиторные занятия, час.	
		Лекции	Практические занятия
Тема 1. История развития аддитивных технологий. Основы. Терминология	2	2	-
Тема 2. Технологии 3D-печати и сканирования.	4	2	2
Тема 3. Возможности использования 3D-печати (по предметным областям)	6	4	2
Тема 4. Программно-аппаратные комплексы аддитивных технологий.	4	2	2
Тема 5. Практикум по использованию 3D-принтера.	18	-	18
Тема 6. Методика преподавания основ аддитивных технологий	8	4	4
Итого	42	14	28

7. КАЛЕНДАРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ГРАФИК

Календарный график учебного процесса по программе обучающего курса «Основы использования и преподавания аддитивных технологий» определяется расписанием учебных занятий, при наборе группы на обучение.

8. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА РАЗДЕЛА, ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Тема 1. История развития аддитивных технологий. Основы. Терминология. История развития аддитивных технологий. Основные термины и определения. Послойный синтез. Машины и оборудование аддитивных технологий. Стереолитография. Моделирование при помощи склейки (LOM-технология). Быстрое прототипирование. Физические процессы при послойном формировании объекта. Дефекты аддитивного производства.

Тема 2. Технологии 3D-печати и сканирования.

Формат STL. Импорт в формат STL из основных САПР-систем. Технология FDM (нанесение термопластов наплавлением), особенности применения, достоинства и недостатки. Технология SLA, особенности применения, достоинства и недостатки. Технология SLS (лазерное спекание порошков), особенности применения, достоинства и недостатки. 3D-сканирование.

Тема 3. Возможности использования 3D-печати (по отраслям).

3D-печать в машиностроении. 3D-печать в медицине. 3D-печать в строительстве. 3D-печать в образовании.

Тема 4. Программно-аппаратные комплексы аддитивных технологий.

Современные комплексы от персональных до комплексов полного цикла. Структура. Принципы функционирования. Особенности эксплуатации. Технические решения в области аддитивных технологий, реализованные на предприятиях и организациях Брянской области. Демонстрация оборудования для 3D-печати и 3D-сканирования.

Тема 5. Разработка и построение 3D-модели.

Построение геометрической модели для печати в комплексе САПР. Построение 3D-модели с помощью 3D-принтера «3D MakerBot Replicator 2X».

Тема 6. Методика преподавания основ аддитивных технологий.

Разработка плана урока по аддитивным технологиям. Разработка дидактических материалов по использованию аддитивных технологий на различных предметах. Ведение разъяснительной работы по аддитивным технологиям среди широких масс. Изучение парка школьного оборудования для аддитивного производства.

Перечень практических занятий

№ темы	Наименование практических занятий	Трудоемкость час.
2	Демонстрация устройства 3D принтера: основные элементы, настройки.	2
3	Демонстрация работы 3D-принтера, посторенние модели.	2
4	Демонстрация работы 3D-сканера.	2
5	Самостоятельная разработка геометрической модели и последующая печать на 3D-Принтере.	18
6	Разработка плана урока по аддитивным технологиям	4
Итого		28

9. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

9.1. Материально-технические условия

Наименование специализированных учебных помещений	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
Учебный класс учебного центра	Лекции	Оборудование: Мультимедийный проектор, экран, ноутбук, доска, мебель ученическая, кондиционер. Программные средства: Microsoft Office, Adobe Acrobat Reader, КОМПАС-3D v17.
Компьютерный класс №210а	Практические занятия	Оборудование: Плазменная широкоформатная панель, ноутбук, DVD-плеер, персональные компьютеры, мебель, кондиционер. Программные средства: Microsoft Office, Adobe Acrobat Reader, КОМПАС-3D v17.
Кабинет ИНОЦ Индустрии 4.0	Практические занятия	3D-принтер XYZ, комплект расходных материалов, компьютеры повышенной производительности
Оборудования ООО «НПО «Интеграция» (партнер Федеральной инновационной площадки»)	Практические занятия	3D-принтер «3D MakerBot Replicator 2X» Демонстрационные образцы (прототипы)

9.2. Учебно-методическое и информационное обеспечение

По всем разделам программы используются следующие материалы:

Печатные раздаточные материалы для слушателей:

Подготовлены презентационные раздаточные листы (по отдельным темам обучающего курса) и мультимедийные презентации для демонстрации во время занятий.

Учебные пособия:

1. Норенков, И.П. Автоматизированное проектирование / И.П. Норенков. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 188 с.
2. Зленко, М.А. Аддитивные технологии в машиностроении: учеб. пособ. / М.А. Зленко, А.А. Попович, И.Н. Мутылина. – СПб: СПбГПУ, 2013. – 222 с.
3. Процессы и операции формообразования: Учебник / А.А.Черепахин, В.В. Клепиков. – М.: КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2016. – 288 с.:

Электронные ресурсы:

Сайт компании NISSA Digspace. – Режим доступа: <https://www.digspace.ru/>.

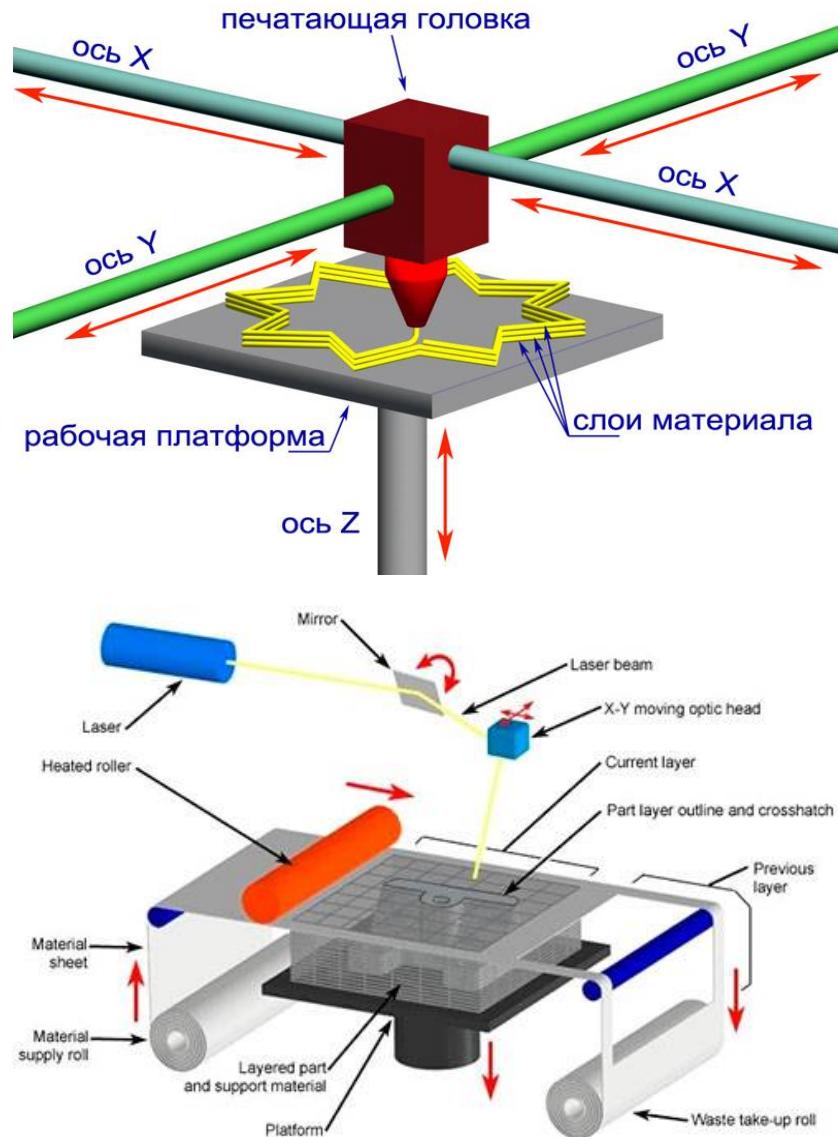
Электронная система обучения БГУ. – Режим доступа: <https://www.eso-bgu.ru>.

9.3. Кадровые условия

К реализации программы привлекаются сотрудники учебного центра из числа профессорско-преподавательского состава организации-партнера, специалисты и практики, чья профессиональная деятельность связана с использованием CAD-систем и аддитивных технологий.

10. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Оценка качества освоения программы предполагает знание основных схем устройства 3D-принтера, FDM, SLA, SLS – технологий, прохождение итогового тестирования.



Пример выполненных заданий по моделированию



Во время представления результатов слушатель должен:

- объяснить последовательность построения прототипа на 3D-принтере;
- предложить другие стратегии и технологии построения объекта.

Примерные вопросы для теста

1. Что такое быстрое прототипирование?

- А – Послойный синтез макета по компьютерной модели изделия.
- Б – технология быстрого создания опытных образцов или работающей модели системы для демонстрации заказчику или проверки возможности реализации.**
- В – 3Д-сканирование с помощью специального сканера.
- Г – Внедрение дополнительных устройств в технологический процесс.
- Д – Фрезерование из мягких материалов.

2. Какая технология быстрого прототипирования основана на фотоинициированной лазерным излучением или излучением ртутных ламп полимеризации фотополимеризующейся композиции?

- А – Фрезерование мягких материалов.
- Б – SLA-технология.
- В – FDM -технология.
- Г – LOM-технология.
- Д – Стереолитография.**

3.Что такое экструдер?

- А – Система для удаления отработанного материала после экструзии.
- Б – Устройство, через которое осуществляется экструзия.**
- В – Рабочий орган 3D-сканера.
- Г – Контейнер для хранения экструда.
- Д – Специализированное программное обеспечение для аддитивных технологий.

Приложения

Приложение 1. Фонд оценочных средств

11. СОСТАВИТЕЛЬ ПРОГРАММЫ

Лагерев Игорь Александрович, доктор технических наук, доцент, проректор по инновационной работе ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского».

Пархоменко Олег Константинович, генеральный директор ООО «НПО «Интеграция» (г. Брянск) – официального партнера компаний MakerBot (производителя профессиональных инженерных 3D-принтеров) и компании NISSA Digispace (разработчика комплексов на базе программного обеспечения и оборудования для аддитивного производства).

01.09.2021 г.

И.А. Лагерев, О.К. Пархоменко

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского»**

**УТВЕРЖДАЮ
Второй проректор по учебной работе**

_____ А.И. Калоша

01 сентября 2021 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
обучающего курса
«Основы использования и преподавания аддитивных технологий»**

Брянск 2021

**Паспорт
фонда оценочных средств**

Дескрипторные характеристики результатов обучения	Наименование оценочного средства (процедуры оценивания)
ЗНАТЬ	
31: принципы формообразования в аддитивном производстве, типовую структуру послойного синтеза изделий, типы и виды дефектов изделий	<ul style="list-style-type: none"> - Тест - Групповая дискуссия - Опрос устный - Итоговый контроль (зачет)
32: основы физических явлений формирования примитивных объектов технологии аддитивного производства	<ul style="list-style-type: none"> - Тест - Групповая дискуссия - Опрос устный - Итоговый контроль (зачет)
33: устройство и правила эксплуатации технологического, измерительного и исследовательского оборудования и принципы его работы	<ul style="list-style-type: none"> - Тест - Групповая дискуссия - Опрос устный - Итоговый контроль (зачет)
УМЕТЬ	
У1: выбирать типовой технологический процесс, разрабатывать оптимальные технологические режимы аддитивного производства, выявлять дефекты изделий аддитивного производства	<ul style="list-style-type: none"> - Тест - Опрос устный - Защита результатов практического занятия - Итоговый контроль (зачет) - Индивидуальное задание
У2: преподавать основы аддитивных технологий	<ul style="list-style-type: none"> - Тест - Опрос устный - Итоговый контроль (зачет) - Индивидуальное задание

Перечень тем, проблемных вопросов для проведения групповой дискуссии

1. В чем отличие аддитивных технологий от традиционных методов изготовления деталей машин?
2. Как изменится облик машиностроительного предприятия с внедрением аддитивных технологий?
3. Возможно ли осуществить импортозамещение в отношении оборудования для аддитивных технологий?
4. Возможно ли применение аддитивных технологий в условиях АО «БАЗ»?
5. Какое место аддитивные технологии занимают в Индустрии 4.0?
6. Оцените преимущества и недостатки аддитивных технологий.
7. В чем отличие аддитивных технологий от технологий быстрого prototyping?
8. Реверсивный инженеринг и аддитивные технологии.

Критерии оценки:

Оценка	Критерии
Отлично (5 баллов)	Соответствие выступления теме групповой дискуссии, выделение основной мысли, логика ясная, четкая, аргументированное изложение своей позиции, умение обобщать и делать выводы. Форма представления позиции и аргументов показывает культуру общения, конструктивная критика мнения собеседника
Хорошо (4 балла)	Позиция в основном сформулирована, подтверждается аргументами, логичностью изложения. Демонстрирует культуру общения
Удовлетворительно (3 балла)	Позиция сформулирована нечетко. Не все аргументы основаны на фактах. Логика нечеткая, аргументы не всегда поддерживают позицию
Неудовлетворительно (2 балла)	Отсутствие собственной точки зрения. Отсутствие аргументов или они не основаны на фактах. Логика отсутствует. Отсутствие понимания культуры общения

Вопросы для устного опроса, защиты результатов практического занятия, итогового контроля (зачета)

1. Методы оцифровки и контрольно-измерительные машины
2. Теоретические основы производства изделий методом послойного синтеза
3. Машины и оборудование для выращивания металлических изделий
4. Эксплуатация аддитивных установок
5. Методы финишной обработки и контроля качества готовых изделий
6. Системы бесконтактной оцифровки (сканеры) и области их применения
7. Требования к компьютерным моделям, предназначенным для производства на установках послойного синтеза;
8. Стереолитография.
9. Моделирование при помощи склейки (LOM-технология).
10. Быстрое прототипирование.
11. Аддитивные технологии.
12. Формат STL. Импорт в формат STL из основных САПР-систем.
13. Технология FDM (нанесение термопластов наплавлением), особенности применения, достоинства и недостатки.
14. Технология SLA, особенности применения, достоинства и недостатки.
15. Технология SLS (лазерное спекание порошков), особенности применения, достоинства и недостатки.
16. 3D-печать в машиностроении.
17. 3D-печать в медицине.
18. 3D-печать в строительстве.
19. 3D-печать в образовании.
20. Современные комплексы от персональных до комплексов полного цикла. Структура. Принципы функционирования. Особенности эксплуатации.
21. Технические решения в области аддитивных технологий, реализованные на предприятиях и организациях Брянской области.
22. Основы преподавания аддитивных технологий.

Критерии оценки:

Оценка	Критерии
Отлично (5 баллов)	На вопросы даны исчерпывающие ответы, целесообразно проиллюстрированные наглядными примерами. Ответы изложены грамотным научным языком, все термины употреблены корректно, все понятия раскрыты верно.
Хорошо (4 балла)	На вопросы даны в целом верные ответы, но с отдельными неточностями, не носящими принципиального характера. Не все термины употреблены правильно, присутствуют отдельные некорректные утверждения и грамматические / стилистические погрешности изложения. Ответы не проиллюстрированы примерами в должной мере.
Удовлетворительно (3 балла)	Ответы на вопросы носят фрагментарный характер, верные выводы перемежаются с неверными. Упущены содержательные блоки, необходимые для полного раскрытия темы. Слушатель в целом ориентируется в тематике учебного курса, но испытывает проблемы с раскрытием конкретных вопросов. Также оценка «удовлетворительно» ставится при верном ответе на один вопрос и неудовлетворительном ответе на другой.
Неудовлетворительно (2 балла)	Ответы на вопросы отсутствуют либо не соответствуют содержанию вопросов. Ключевые для учебного курса понятия, содержащиеся в вопросах, трактуются ошибочно.

Приложение 3

Комплект заданий для тестирования

1. Что такое быстрое прототипирование?

- А – Послойный синтез макета по компьютерной модели изделия.
- Б – технология быстрого создания опытных образцов или работающей модели системы для демонстрации заказчику или проверки возможности реализации.**
- В – 3Д-сканирование с помощью специального сканера.
- Г – Внедрение дополнительных устройств в технологический процесс.
- Д – Фрезерование из мягких материалов.

2. Какая технология быстрого прототипирования основана на фотоинициированной лазерным излучением или излучением ртутных ламп полимеризации фотополимеризующейся композиции?

- А – Фрезерование мягких материалов.
- Б – SLA-технология.
- В – FDM -технология.
- Г – LOM-технология.
- Д – Стереолитография.**

3. Что такое экструдер?

- А – Система для удаления отработанного материала после экструзии.
- Б – Устройство, через которое осуществляется экструзия.**
- В – Рабочий орган 3D-сканера.
- Г – Контейнер для хранения экструда.
- Д – Специализированное программное обеспечение для аддитивных технологий.

4. Назовите первую стадию аддитивного производства.

- А – Создание трехмерной геометрической модели**
- Б – Создание STL-файла.
- В – Разделение на слои.
- Г – 3D-печать на 3D принтере.
- Д – Финишная обработка.

5. Какая технология основана на послойном построении изделия из расплавленной пластиковой нити?

- А – MJM-технология.
- Б – SLA-технология.
- В – FDM -технология.**
- Г – SLM-технология.
- Д – SJP-технология.

6. Какая технология основана на селективном лазерном спекании полимерных порошков?

- А – MJM-технология.
- Б – SLA-технология.**

В – FDM -технология.

Г – SLS-технология.

Д – SJP-технология.

7. Какая технология основана на многоструйном моделировании с помощью фотополимерного или воскового материала?

А – MJM-технология.

Б – SLA-технология.

В – FDM -технология.

Г – SLS-технология.

Д – SJP-технология.

8. Как сокращенно называется термопластическая ударопрочная техническая смола, сополимер акрилонитрил-бутадиен-стирол?

А – Эпоксидная смола.

Б – ABS-пластик.

В – XYZ-пластик.

Г – Полупрозрачный пластик.

Д – SJP-композиция.

9. Укажите возможные классы формообразования.

А – интегрированный метод, комбинированный метод, метод вычитания.

Б – химическое получение, аддитивные технологии, методы перераспределения объема материала.

В – резка, штамповка, ковка, аддитивные технологии, химическое растворение

Г – субстративные технологии, аддитивные технологии, методы перераспределения объема материала.

Д – субстративные технологии, аддитивные технологии, гальваника.

10. Укажите на преимущества аддитивных технологий по сравнению с традиционной механообработкой материалов.

А – Высокий коэффициент использования материала.

Б – Возможность модификации свойств поверхностного слоя.

В – Отсутствие отходов производства.

Г – Наиболее широкая номенклатура технологических методов.

Д – Высокий уровень унификации и стандартизации.

11. Для какой технологии возможна 3D-печать несколькими материалами одновременно?

А – Лазерная стереолитография.

Б – Электронно-лучевая плавка.

В – Экструзия.

Г – Селективное лазерное спекание.

Д – Прямое лазерное спекание.

12. Укажите технологии позиционирования головки 3D-принтера.

- А – Декартова.
- Б – При помощи трёх параллелограммов.
- В – Автономная.
- Г – Все выше перечисленные.**
- Д – Ни одна из перечисленных.

13. Как называется периферийное устройство, анализирующее форму предмета и на основе полученных данных создающее его 3D-модель?

- А – 3D-принтер.
- Б – 3D-сканер.**
- В – Измерительный станок.
- Г – Фото-машина.
- Д – Экструдер.

За каждый тест, на который дан правильный ответ, начисляется 1 балл.

Критерии оценки:

Тест оценивается по пяти бальной шкале следующим образом: за правильный ответ слушатель получает 1 балл. За неверный ответ или его отсутствие баллы не начисляются.

Оценка «отлично» соответствует свыше 80% правильных ответов.

Оценка «хорошо» соответствует свыше 60% до 80% (включительно) правильных ответов.

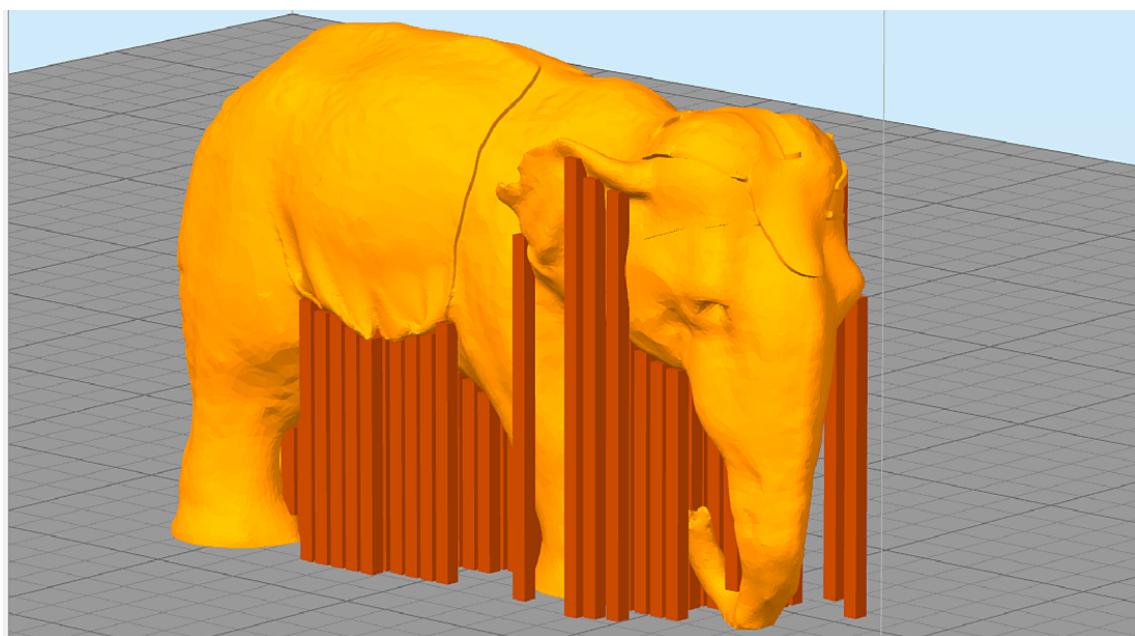
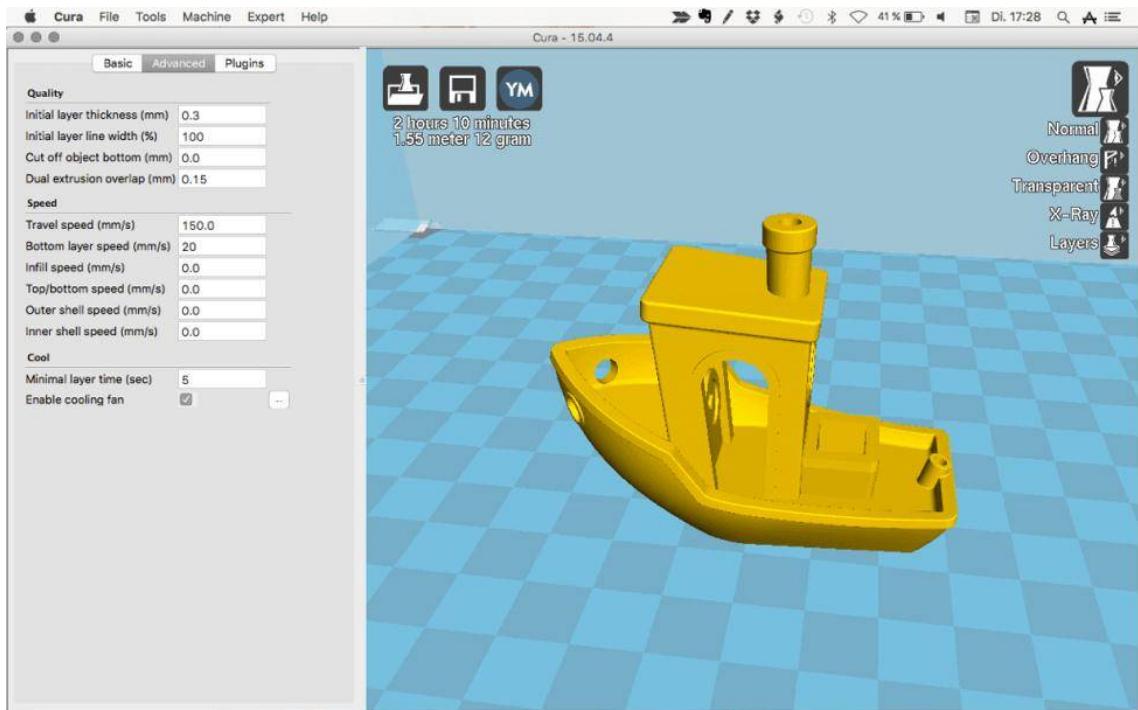
Оценка «удовлетворительно» соответствует свыше 40% до 60% (включительно) правильных ответов.

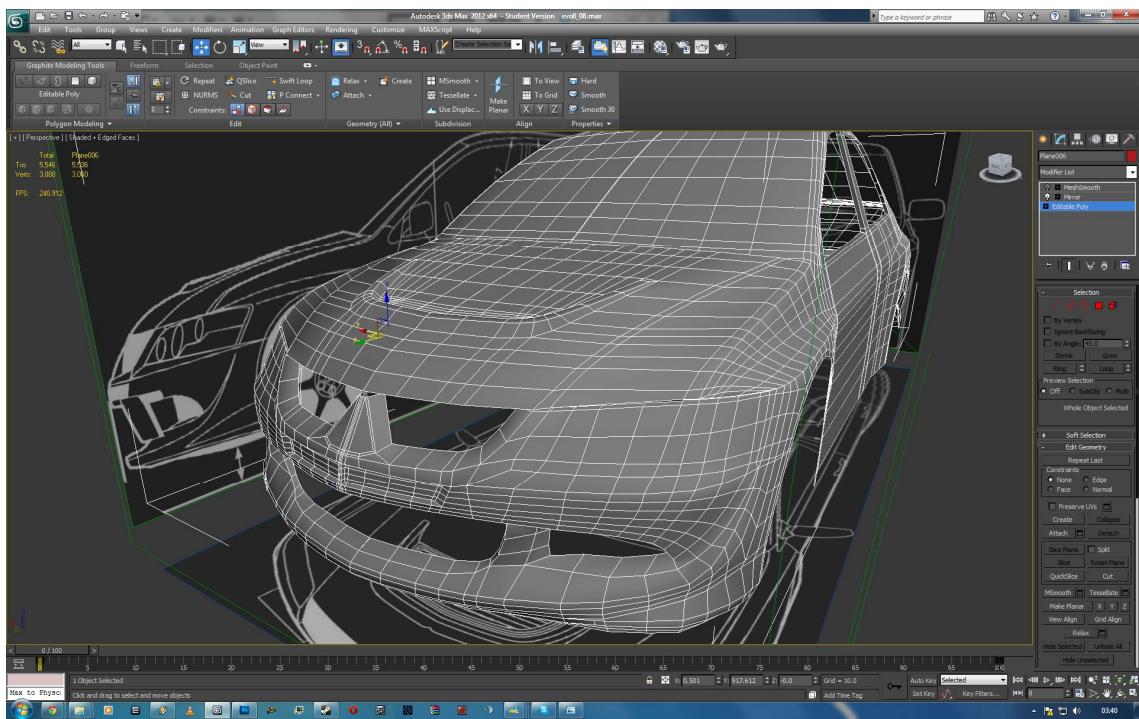
Оценка «неудовлетворительно» соответствует не более 40% правильных ответов.

Индивидуальное задание

Спроектировать 3D-модель объекта и подготовить на ее основе печать объекта на 3D-принтере. Объект для разработки должен быть согласован с преподавателем. Формат представления результата – STL-файл.

Примеры выполнения задания





Оборудование для работы

3D-принтер «3D MakerBot Replicator 2X»



РАЗРАБОТЧИК

Лагерев Игорь Александрович, доктор технических наук, доцент, проректор по инновационной работе ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского».

Пархоменко Олег Константинович, генеральный директор ООО «Интеграция» (г. Брянск) – официального партнера компаний MakerBot (производителя профессиональных инженерных 3D-принтеров) и компании NISSA Digispace (разработчика комплексов на базе программного обеспечения и оборудования для аддитивного производства).

01.09.2021 г.

И.А. Лагерев, О.К. Пархоменко

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского»**

**УТВЕРЖДАЮ
Второй проректор по учебной работе**

_____ А.И. Калоша

01 сентября 2021 г.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ
обучающего курса
«Основы использования и преподавания аддитивных технологий»**

Брянск 2021

1. Информационная поддержка аддитивных технологий

1.1 Понятие аддитивных технологий и их применение

Технический процесс не стоит на месте. С каждым днем происходит усовершенствование цифровых технологий, что позволяет использовать новшества в различных сферах жизни человека. Аддитивные технологии – одни из самых передовых и востребованных во всем мире.

Аддитивные технологии – обобщенное название технологий, предполагающих изготовление изделия по данным цифровой модели методом послойного добавления материала. Изобретение принадлежит Чарльзу Халлу, в 1986 г. сконструировавшему первый стереолитографический трехмерный принтер. В современной промышленности аддитивный процесс несколько разных процессов, в результате которых моделируется 3D-объект:

- UV-облучение;
- экструзия;
- струйное напыление (аналогично печати на струйном принтере);
- сплавление;
- ламинарирование (LOM-технология).

Аддитивные технологии в производстве позволяют изготавливать любое изделие послойно на основе компьютерной 3D-модели. Такой процесс создания объекта также называют «выращиванием» из-за постепенности изготовления. Если при традиционном производстве в начале мы имеем заготовку, от которой оптом отсекаем все лишнее, либо деформируем ее, то в случае с аддитивными технологиями из ничего выстраивается новое изделие. В зависимости от технологии, объект может строиться снизу-вверх или, наоборот, получать различные свойства.

Общую схему аддитивного производства можно изобразить в виде следующей последовательности (рисунок 1).



Рисунок 1. Последовательность аддитивного производства

Первые аддитивные системы производства работали главным образом с полимерными материалами. Современные 3D-принтеры способны также работать с инженерными пластиками, композитными порошками, различными типами металлов, керамикой, песком.

Аддитивные технологии активно используются в машиностроении, промышленности, науке, образовании, проектировании, медицине, литейном производстве и многих других сферах.

Преимущества аддитивных технологий:

- улучшенные свойства готовой продукции. Благодаря послойному построению, изделия обладают уникальным набором свойств. Например, детали, созданные на металлическом 3D-принтере по своему механическому поведению, плотности, остаточному напряжению и другим свойствам превосходят аналоги, полученные с помощью литья или механической обработки;
- экономия сырья. Аддитивные технологии используют практически то количество материала, которое нужно для производства изделия. Тогда как при традиционных способах изготовления потери сырья могут составлять до 80-85%;
- возможность изготовления изделий со сложной геометрией. Оборудование для аддитивных технологий позволяет производить предметы, которые невозможно получить другим способом. Например, деталь внутри детали. Или очень сложные системы охлаждения на основе сетчатых конструкций;

- мобильность производства и ускорение обмена данными. В основе аддитивных технологий лежит компьютерная модель будущего изделия.

Схематично различия в традиционном и аддитивном производстве можно изобразить следующей схемой (рисунок 2).

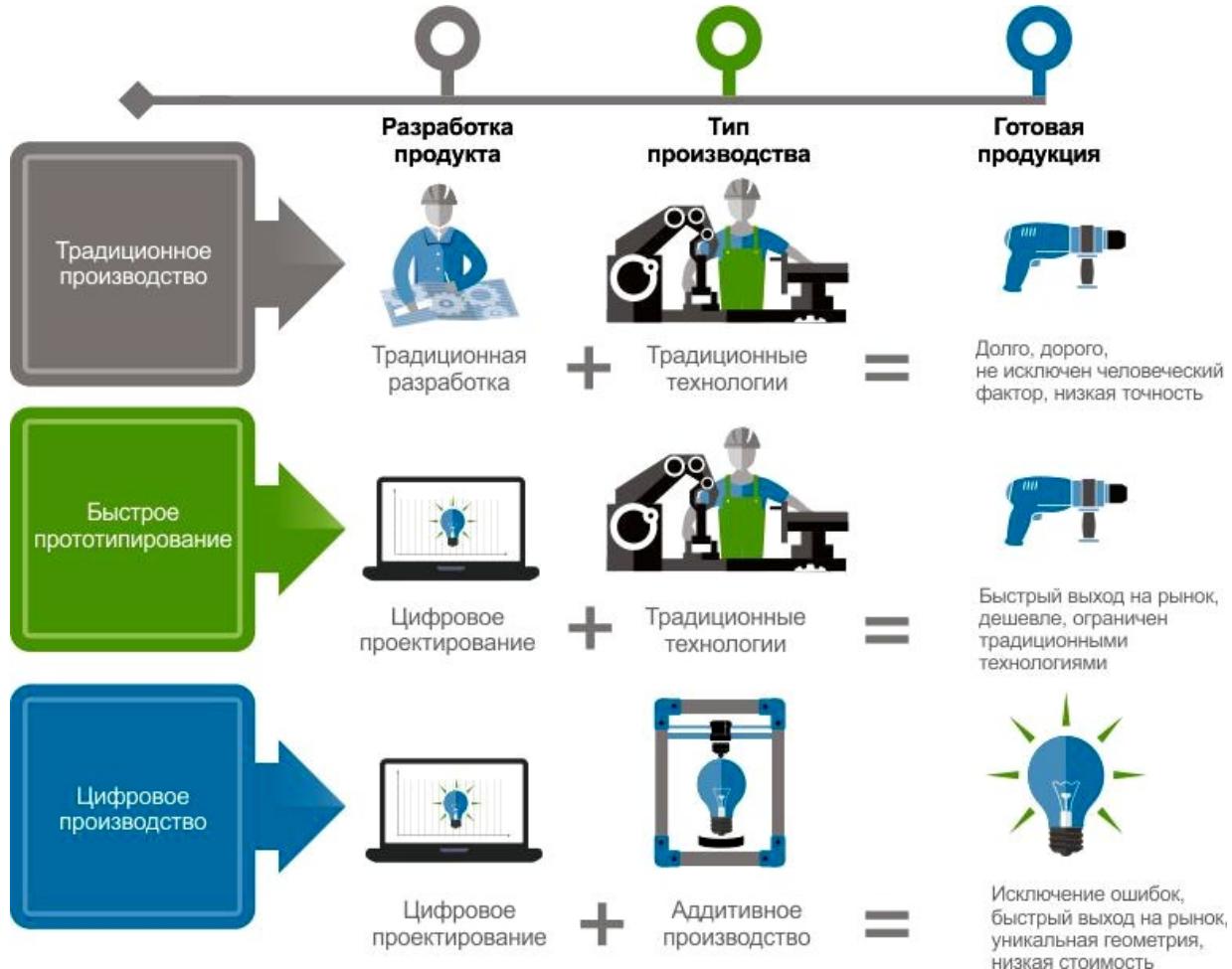


Рисунок 2. Различия в производстве

Сфера применения аддитивных технологий:

- литейное производство;
- архитектура и дизайн;
- машиностроение;
- производство электроники;
- образование и исследования;
- ювелирная отрасль;
- потребительские товары;
- медицина и стоматология.

Аддитивные технологии для литейного производства. 3D-печать дает возможность изготавливать мастер-модели для изготовления литейных форм на основе CAD-файлов. Время создания мастер-модели на 3D-принтере намного меньше времени производства образца для литья традиционными способами. 3D-оборудование дает конструкторам возможность разрабатывать изделия с геометрией, невозможной для производства традиционными методами. Привычные технологии создания литейных форм включают в себя 3D-моделирование и изготовление мастер-модели с использованием фрезерной доводки, ручного труда или других видов мехобработки. Все эти способы достаточно трудоемки и имеют явные недостатки: они требуют времени, финансовых затрат, не исключают человеческий фактор, не дают достаточной точности. Особые элементы, например, выпуклую маркировку на плоских и конических участках изделия, такими методами получить очень сложно. Такая же ситуация и с деревянными мастер-моделями. Чтобы получить литейную форму, их облепляют специальной смесью бетонита и песка, благодаря чему способ получил название «литья в землю». Такая операция требует огромных затрат рабочей силы и времени, а главное — это достаточно дорого, и не дает нужной точности готового изделия.

Аддитивные технологии в архитектуре и дизайне. Архитектура и дизайн — сферы, в которых 3D-принтеры используются очень активно. В последние несколько лет 3D-печать стала незаменимым помощником не только крупных компаний, но и небольших архитектурных и дизайн-студий по всему миру. Причина в том, что трехмерная печать стала настоящей революцией в области строительного макетирования, дизайн-проектировании и создании новых креативных объектов. Изготовление архитектурных макетов — важная задача для любого конструкторского или архитектурного бюро. От качества модели будущего проекта зависит впечатление заказчиков, клиентов, потенциальных инвесторов.

Аддитивные технологии в машиностроении.

Аддитивное производство стремительно вытесняет вычитающие технологии во всех технологических областях, в том числе – машиностроении. 3D-печать позволяет машиностроителям решать широкий спектр задач невероятно быстро, качественно и точно:

- разработка новых деталей и механизмов;
- модернизация имеющихся систем и отдельных элементов;
- ремонт и замена вышедших из строя деталей.

Производство электроники с помощью аддитивных технологий.

Производители пользовательской электроники и коммерческих приборов активно используют возможности 3D-печати для оптимизации сроков и стоимости разработок. Многие 3D-принтеры используют распространенные типы пластиков, повсеместно используемых в приборостроении. Для печати высокоточных прототипов и тестовых образцов также применяют

Аддитивные технологии в образовании. 3D-печать – один из главных образовательных трендов последних лет. Школы и университеты в России и по всему миру отчетливо понимают, что без использования 3D-принтеров сегодня нельзя обеспечить студентам по-настоящему всестороннюю подготовку. Несколько лет назад 3D-оборудование было мало представлено в отечественных колледжах и университетах – из-за высокой стоимости. Но сейчас ситуация изменилась. Во-первых, на рынке стали появляться качественные 3D-принтеры по доступной цене. Кроме того, государство активно поддерживает инновационные программы в образовательных учреждениях, выделяя средства на покупку 3D-принтеров и 3D-сканеров.

3D-печать применяется образовательными учреждениями по всему миру. 3D-принтеры совершенствуют процесс обучения, развивают у студентов образное мышление, приучают будущих специалистов к автоматизированному программированию и проектированию. 3D-печать значительно увеличивает интерес к процессу обучения, так как дает возможность студентам почувствовать себя настоящим новатором. Создав на

компьютере модель, студент уже через несколько часов сможет держать ее в руках – это прекрасная мотивация создавать новое.

Студенты, использующие 3D-принтер в образовательных целях, получают возможность учиться на собственных ошибках. На бумаге или компьютере изъяны модели заметить сложно, а создавая макет или тестовую деталь, ученик, смоделировав ее на компьютере в 3D-программе, уже через небольшой промежуток времени держит ее в руках. Если что-то не получается, то это не проблема, можно попробовать снова. Для самих же учебных заведений установка 3D-принтера позволит не только поднять общий престиж, но и подготовить настоящих специалистов, способных выполнять реальные задачи по проектированию. При этом внушительных затрат на покупку самого оборудования и на его дальнейшее использование не потребуется.

В технических вузах 3D-технологии пользуются наибольшей популярностью. Студенты могут разрабатывать дизайн предметов, деталей и макетов прямо в аудитории, изготавливать прототипы с помощью 3D-принтера, оценивать и тестировать их. 3D-печать, уже включенная в учебную программу многими ВУЗами, дает возможность студентам воплощать в жизнь свои конструкторские замыслы и идеи, тем самым увеличивая их востребованность в высокотехнологичной производственной среде.

Для обучения студентов технических специальностей обычно используют 3D-принтеры, печатающие пластиковые изделия. Такое оборудование позволяет получать прочные прототипы и механизмы, которые способны выдерживать физические нагрузки и подвергаться тестированию.

Творческие специальности — еще одна сфера активного использования 3D-печати. Будущие архитекторы и дизайнеры с помощью 3D-принтеров могут реализовывать самые смелые проекты, экспериментировать с материалами и формами. Возможность быстрой визуализации и физического воплощения собственных проектов позволяет студентам гораздо быстрее осваивать многие аспекты будущей профессии. Лучший выбор для студентов

архитектурных и дизайнерских специальностей — полноцветные 3D-принтеры. Такое оборудование позволит вашим ученикам быстро получать яркие и наглядные визуализации своих проектов.

В ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского» идет создание лаборатории аддитивных технологий под руководством профессора И.А. Лагерева.

Аддитивные технологии в ювелирном производстве. Появление 3D-принтеров стало настоящей революцией не только в промышленности, но и в ювелирном деле. Если раньше при разработке украшений на создание восковой модели уходила масса времени, то сейчас 3D-печать позволяет производить разработку дизайна украшения в специализированном программном обеспечении, а затем использовать ювелирный 3D-принтер для выращивания восковой (или фотополимерной) мастер-модели украшения. Ключевые особенности ювелирных 3D-принтеров – сверхвысокая точность и скорость печати, а также превосходное качество создаваемой поверхности. Благодаря применяемым технологиям, мастер-модели для последующей отливки получаются исключительно гладкими и не требуют дополнительной обработки или корректировки. 3D-принтер ювелирный открывает новые возможности в производстве микроизделий. Изготовление украшений под заказ с этими устройствами стало доступно даже небольшой ювелирной мастерской. При этом стоимость такой работы существенно снизилась, а скорость выросла.

Аддитивные технологии для производства потребительских товаров. Современные 3D-принтеры позволяют быстро изготавливать широкий спектр популярных персональных товаров, таких как чехлы для телефонов, брелоки, сувениры, объемные картины, статуэтки и многое. Уже сегодня до 35% таких товаров по всему миру изготавливается не вручную или методом литья, а с помощью 3D-печати.

Для 3D-печати товаров широкого потребления могут использоваться различные материалы – в зависимости от свойств конечного изделия. Чаще

всего это пластиковые и гипсовые 3D-принтеры. Если нужны яркие полноцветные изделия, то их можно изготовить на 3D-принтерах серии ProJet x60 компании 3D Systems. Эти 3D-машины обеспечивают быстрое производство цветных изделий палитры CMYK в больших количествах. На них можно печатать фигурки людей, объемные картины, статуэтки, сувениры, макеты домов, персонажей фильмов и компьютерных игр. Прочные изделия например: чехлы для телефонов, брелки, украшения на велосипеды и мотоциклы изготавливают на пластиковых 3D-принтерах. Они производят предметы, способные выдерживать физические нагрузки, нагрев, легко поддаются полировке и окраске.

Аддитивные технологии в стоматологии. 3D-принтеры занимают все более важное место в работе любой стоматологической клиники, зуботехнической лаборатории, исследовательских центров. С их помощью стоматологи не только повышают качество своей продукции и услуг, но и экономят значительные средства. Кроме того, 3D-принтеры в стоматологии гарантируют ускорение объемов производства и невероятную точность готовых изделий.

1.2 Виды аддитивных технологий по способу производства

Динамически развивающиеся быстрыми темпами аддитивные технологии 3D-печати используются в прогрессивных производствах. Существует несколько видов аддитивных технологий.

- FDM (Fused deposition modeling) – послойное построение изделия из расплавленной пластиковой нити. Это самый распространенный способ 3D-печати в мире. FDM-принтеры работают с различными типами пластиков, самым популярным и доступным из которых является ABS. Изделия из пластика отличаются высокой прочностью, гибкостью, подходят для тестирования продукции, прототипирования, а также для изготовления готовых к эксплуатации объектов.

- SLM (Selective laser melting) – селективное лазерное сплавление металлических порошков. Самый распространенный метод 3D-печати металлом. С помощью этой технологии можно быстро изготавливать сложные по геометрии металлические изделия, которые по своим качествам превосходят литейное и прокатное производство. Основные производители систем SLM-печати – немецкие компании SLM Solutions и Realizer.

- SLS (Selective laser sintering) – селективное лазерное спекание полимерных порошков. С помощью этой технологии можно получать большие изделия с различными физическими свойствами. Крупнейшим производителем SLS-принтеров является американский концерн 3D Systems.

- SLA (сокращенно от Stereolithography) – лазерная стереолитография, отверждение жидкого фотополимерного материала под действием лазера. Эта технология аддитивного цифрового производства ориентирована на изготовление высокоточных изделий с различными свойствами. Крупнейшим производителем SLA-принтеров является американский концерн 3D Systems.

В отдельную категорию стоит вынести технологии быстрого прототипирования. Это способы 3D-печати, предназначенные для получения образцов для визуальной оценки, тестирования или мастер-моделей для создания литейных форм.

- MJM (Multi-jet Modeling) – многоструйное моделирование с помощью фотополимерного или воскового материала. Эта технология позволяет изготавливать выжигаемые или выплавляемые мастер-модели для литья, а также – прототипы различной продукции. Используется в 3D-принтерах серии ProJet компании 3D Systems.

- CJP (Color jet printing) – послойное распределение kleящего вещества по порошковому гипсовому материалу. Таким образом изготавливают яркие красочные прототипы продукции для тестирования и презентаций, а также различные сувениры, архитектурные макеты.

Моделирование методом послойного наплавления (FDM). Данный способ моделирования изделий посредством 3D-принтеров был создан 20 лет назад. На основе оборудования создается трехмерная деталь путем накладывания одного слоя на другой, при этом термопластичный материал нагревается до состояния полужидкости, после чего из него выдавливается деталь в соответствии с контуром, заданным на компьютере. Технология предполагает использование двух материалов: непосредственно материал для моделирования, который станет основой готового компонента; вспомогательного элемента, который служит в качестве поддержки.

Подача нитей материала выполняется из отсеков в 3D-принтере в печатающую головку. Она передвигается в соответствии с заданными параметрами, выполняя наплавление материала слой за слоем. После того, как деталь создана, пользователь устраниет вспомогательный компонент.

Перед началом процесса сначала создается компьютерная трехмерная модель – именно она ляжет в основу будущей детали. Основные программы управления 3D-принтерами выполняют загрузку детали в формате stl, после чего выполняется ее анализ во всех сечениях, прорабатывается алгоритм наплавления.

Для того чтобы качество печати было высоким, используются различные материалы как в качестве основы, так в качестве вспомогательного компонента. Если есть необходимость в экономии, а качество детали не играет важной роли, можно применять и одинаковые по структуре материалы. Технология FDM предполагает применение в первую очередь термопластики, которые отличаются стойкостью к воздействию высоких температур и механическим нагрузкам. Чаще всего применяется ABS-пластик, который характеризуются надежностью и универсальностью. Температура его плавления довольно высокая, но она защищает деталь от деформаций, не препятствуя при этом печати. Печать может выполняться и на основе поликарбонатов, поликапролактонов, полифенилсульфонов, а также парафиноподобных соединений, но такие операции выполняются

редко. При выборе нужно учитывать оптимальное соотношение прочности и стойкости к температурным воздействиям.

Работа принтера (рисунок 3)состоит в следующем – оба материала, основной и вспомогательный загружаются в отсеки. Волокно проходит через трубку к печатающей головке 1, где выполняется его нагревание до достижения полужидкого состояния 2. Затем материал выдавливается на рабочий стол 3D-принтера 3, где затвердевает послойно 4.

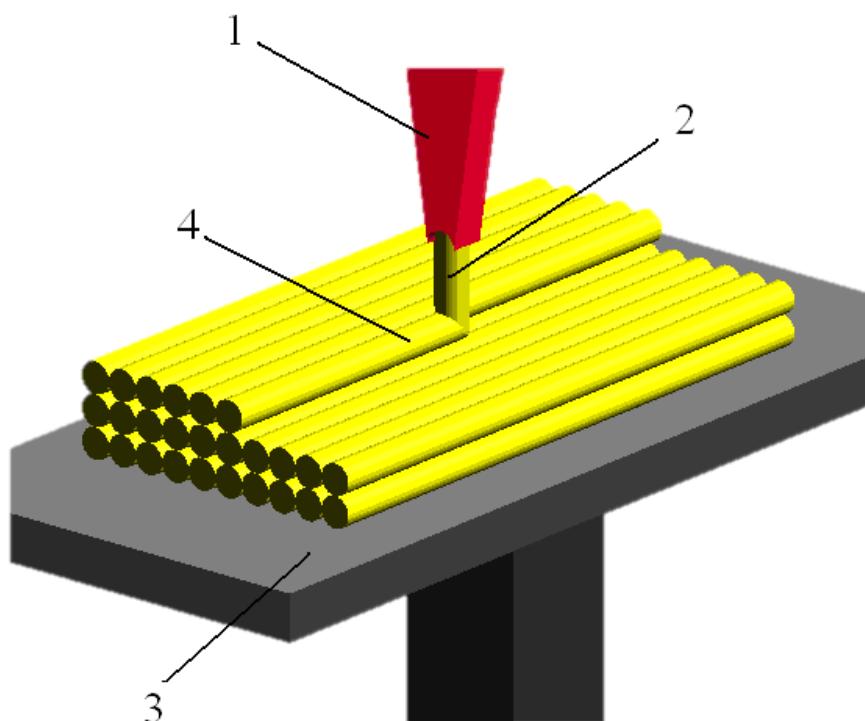


Рисунок 3. Схема построения изделия в аддитивных установках FDM:
1 – печатающая головка; 2 – расплавленный пластик; 3 – рабочий стол
3D-принтера; 4 –затвердевший слой пластика в составе печатаемой детали

Моделирование на основе технологии FDM востребовано там, где требуется быстрота производственного процесса. Чаще всего такие принтеры применяются для создания первичных прототипов инженерных объектов, игрушек, сувениров, украшений, однако разнообразие используемых расходных материалов позволяет существенно расширить сферу применения данного метода моделирования.

Селективное лазерное сплавление металлических порошков (SLM).

SLM-машины призваны решать сложные задачи на авиакосмических, энергетических, нефтегазовых, машиностроительных производствах, в металлообработке, медицине и ювелирном деле. Их также используют в научных центрах, конструкторских бюро и учебных заведениях при проведении исследований и экспериментальных работ.

Термин «лазерное спекание», который нередко применяют для описания SLM, является не совсем точным, поскольку подаваемый на 3D-принтер металлический порошок под лучом лазера не спекается, а полностью расплавляется и превращается в однородное сырье.

Прежде всего цифровая 3D-модель детали разделяется на слои, чтобы каждый слой, имеющий толщину 20-100 микрон, был визуализирован в 2D. Специализированное программное обеспечение анализирует данные в STL-файле и сопоставляет их со спецификациями 3D-принтера. Следующий этап после обработки полученной информации – построение, которое состоит из большого количества циклов для каждого слоя создаваемого объекта.

Построение слоя включает следующие операции:

- металлический порошок наносится на плиту построения, которая закреплена на платформе построения;
- лазерный луч сканирует сечение слоя изделия;
- платформа опускается в колодец построения на глубину, совпадающую с толщиной слоя.

Построение выполняется в камере SLM-машины, которая заполнена инертным газом, аргоном или азотом. Основной объем газа расходуется на начальном этапе, когда путем продувки из камеры построения удаляется весь воздух. По завершении процесса построения деталь вместе с плитой вынимают из камеры порошкового 3D-принтера, а затем отделяют от плиты, удаляют поддержки и выполняют финальную обработку изделия (рисунок 4).

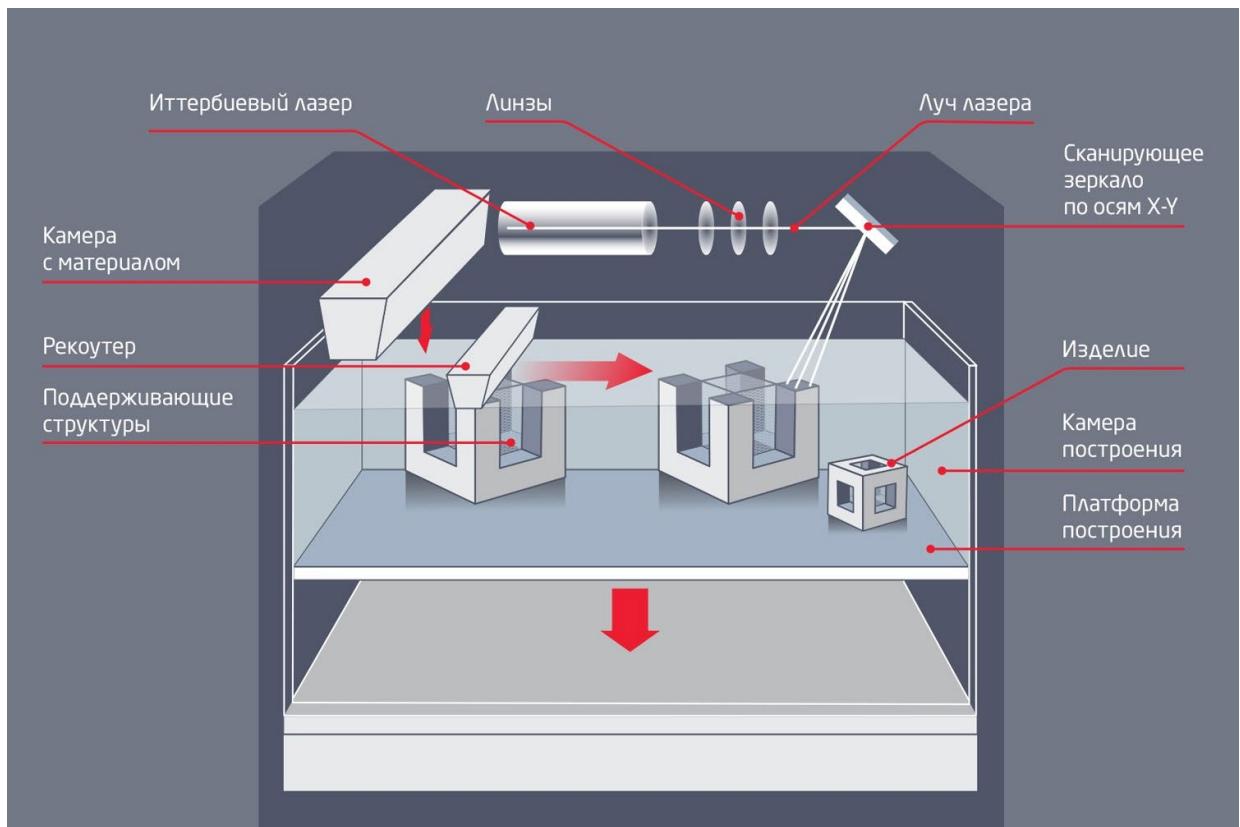


Рисунок 4. Схема построения изделия в аддитивных установках SLM

SLM-технология имеет серьезные перспективы для повышения эффективности производства во многих отраслях промышленности. Селективное лазерное плавление – одна из технологий 3D-печати металлом, которая способна заменить классические производственные процессы. Оно позволяет изготовить изделия, превосходящие по физико-механическим свойствам продукты стандартных технологий. С помощью селективного лазерного плавления можно создать уникальные сложнопрофильные изделия без использования мехобработки и дорогой оснастки, в частности, благодаря возможности управлять физико-механическими свойствами изделий.

Селективное лазерное спекание полимерных порошков(SLS).

Селективное лазерное спекание, одна из наиболее широко применяемых аддитивных технологий. Принцип действия SLS заключается в точечном спекании пластиковых порошков с разными компонентами лазерным лучом.

Процесс селективного лазерного спекания показан на рисунке 5. Построение слоя включает следующие операции.

- Технологический процесс начинается с разогревания материала до температуры, близкой к температуре плавления, что обеспечивает более быструю работу порошкового 3D-принтера.
- Порошок подается в камеру построения и разравнивается валиком на толщину минимального слоя материала.
- Лазерный луч спекает слои порошка в необходимых участках, совпадающих с сечением 3D-модели.
- Подается следующий слой порошка, камера построения опускается на уровень ниже.
- Процедура повторяется, пока не получится готовое изделие.

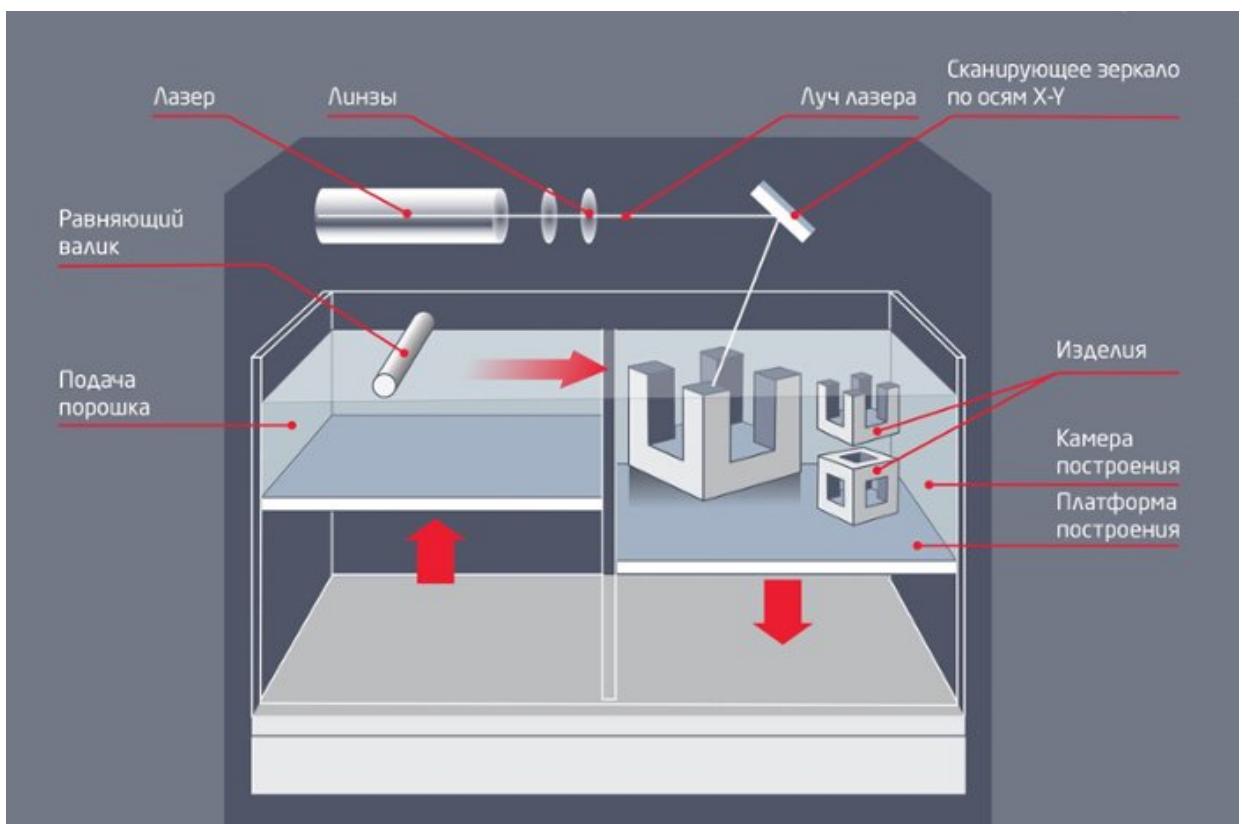


Рисунок 5. Схема построения изделия в аддитивных установках SLS

3D-принтеры, работающие по технологии SLS, имеют гибкие настройки. В зависимости от поставленных задач регулируются такие параметры, как температура, глубина и время воздействия. Также

пользователь может задать работу либо только с переходными границами, либо спекание по всей глубине модели. По завершении процесса построения может потребоваться финишная обработка. Для придания изделию идеально ровной формы выполняют полировку или шлифовку. Однако по мере усовершенствования технологий потребность в постобработке изделий, изготовленных на SLS-принтерах, становится все менее актуальной.

Лазерная стереолитография (SLA) – метод быстрого прототипирования, появившийся в 80-х годах 20-го века. Суть технологии состоит в послойном наращивании трехмерных объектов из жидкой фотополимерной смолы, затвердевающей под действием лазерного луча. Жидкость заливается в бак, после чего лазерный луч последовательно обходит выбранные точки на поверхности материала. Энергия луча лазера приводит к точечной полимеризации и таким образом образует фрагменты будущего изделия. После формирования слоя деталь опускается в бак и процесс повторяется. По завершению формирования модели остатки рабочей жидкости сливаются, а деталь некоторое время держится под ультрафиолетом.

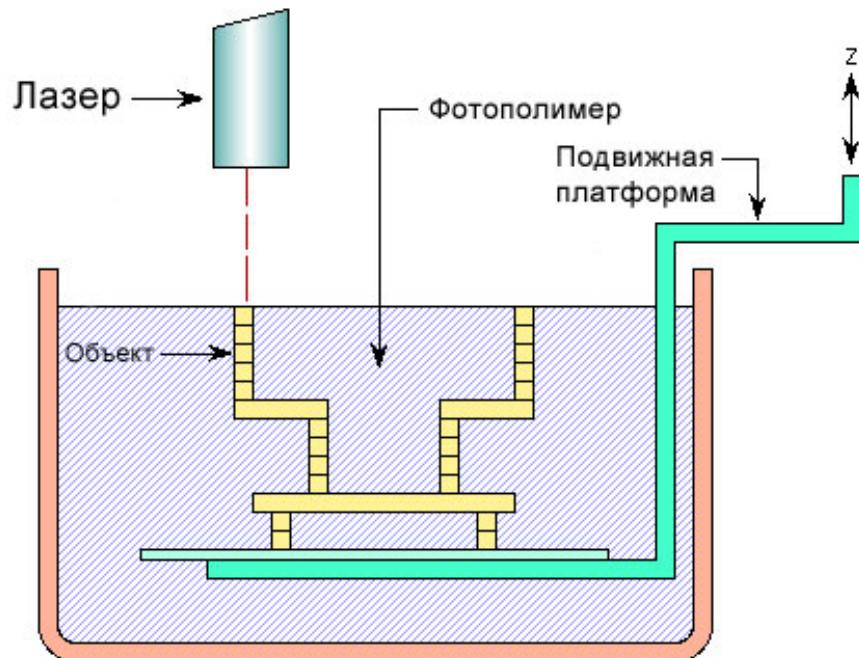


Рисунок 6. Схема построения изделия в аддитивных установках SLA

Альтернативой классической лазерной стереолитографии выступает так называемая «масочная стереолитография», в которой используются галогенные или ультрафиолетовые лампы. Технология подразумевает засветку одновременно всего слоя через специальные матрицы. Метод был разработан в 1987 году и получил название SolidGroundCuring. По сравнению с методом SLA, технология SGC обладает меньшей точностью (толщина слоя равна 0,1 мм), однако и стоимость таких принтеров заметно ниже.

Многоструйное моделирование с помощью фотополимерного или воскового материала (МЖМ). Технология многоструйного моделирования сочетает черты таких методов трехмерной печати, как струйная трехмерная печать (3DP), моделирование методом послойного наплавления (FDM/FFF) и стереолитография (SLA). Построение слоев производится с помощью специальной печатной головки, оснащенной массивом сопел. Печать производится термопластиками, восками и фотополимерными смолами.

МЖМ позволяет создавать опоры нависающих элементов моделей из относительно легкоплавкого воска. В случае использования вспомогательных восковых структур, по окончании печати готовая модель помещается в печь (встроенную или отдельную) и нагревается до температуры порядка 60°C для выплавки воска. Технология позволяет добиваться исключительно высоких показателей точности, сравнимых с лазерной стереолитографией (SLA).

Принцип печати напоминает струйную. В основе технологии – печатающая головка с целой батареей мельчайших сопел, расположенных линейно в несколько рядов. Количество сопел начинается от 96 для младших моделей принтеров и достигает 448 для топовых моделей. Одно сопло – одна мельчайшая капля модельного материала для построения изделия. Печатающий блок движется вдоль рабочей поверхности и наносит слоя жидкого полимера. Следом за печатным блоком следует УФ-лампа, которая засвечивает только что нанесенные частицы материала, в результате чего тот затвердевает, формируя заданное изделие (рисунок 7).

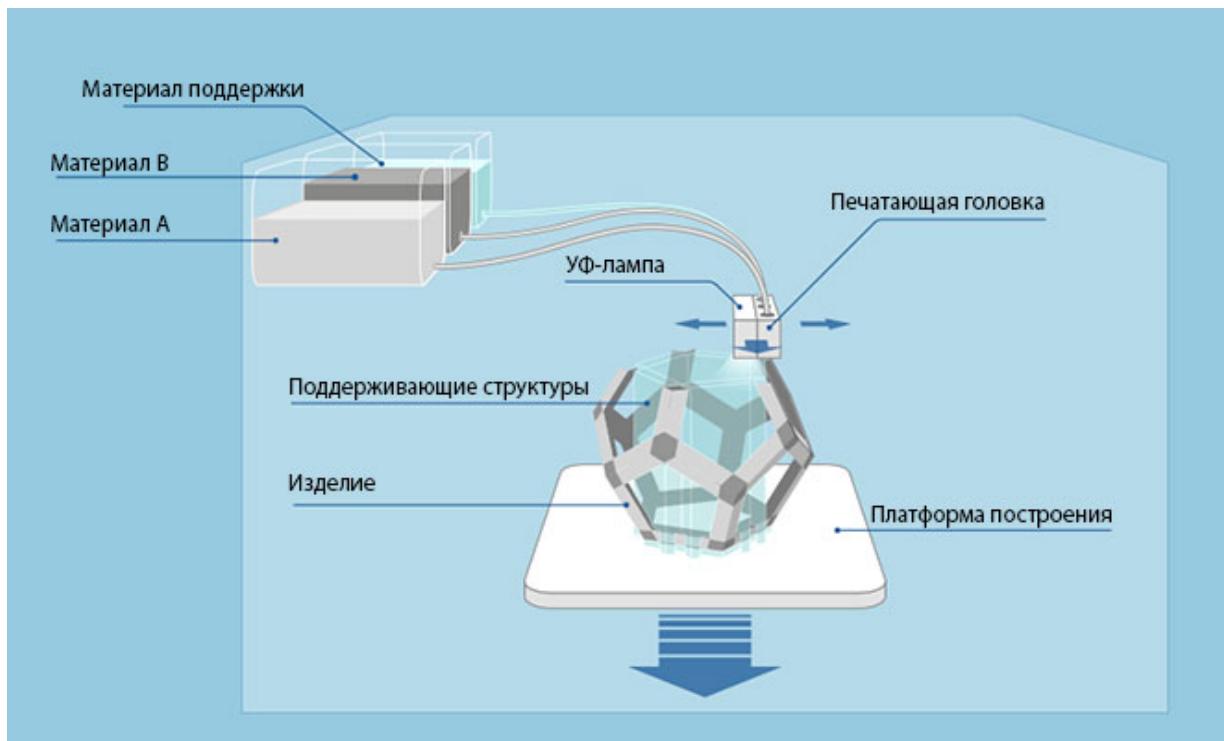


Рисунок 7. Схема построения изделия в аддитивных установках MJM

Технология MJM позволяет получать объекты с гладкими поверхностями и качественной детализацией. Построение прототипов из мельчайших капель жидкого фотополимера позволяет добиваться точности, которая, например, недоступна пластиковым 3D-принтерам. Точность изготовления изделий по технологии MJM составляет 0,016–0,050 мм, разрешение печати – до 750x750x1600 DPI (в режиме самой высокой четкости), толщина слоя – от 16 микрон. Как было сказано ранее, технология MJM позволяет работать как с полимерными, так и с восковыми материалами.

Послойное распределение клеящего вещества по порошковому гипсовому материалу (CJP). ColorJetPrinting – это технология 3D-печати, в основе которой лежит послойное склеивание и окрашивание композитного порошка на основе гипса или пластика. Трехмерный-принтер, работающий по технологии CJP, состоит из двух частей: камера построения изделия, в которую загружается модельный материал, и камера очистки, где происходит удаление лишнего материала. Производство прототипа происходит послойно. Сначала материал модели равномерно тонким слоем распределяется по всей

плоскости платформы камеры построения. Затем на этот слой наносится связующее вещество, склеивая и окрашивая частицы материала между собой согласно компьютерной 3D-модели. После нанесения клея платформа смещается вниз на толщину слоя (0,1016 мм). После смещения печатающая головка снова начинает свое запрограммированное движение, выращивая модель слой за слоем.

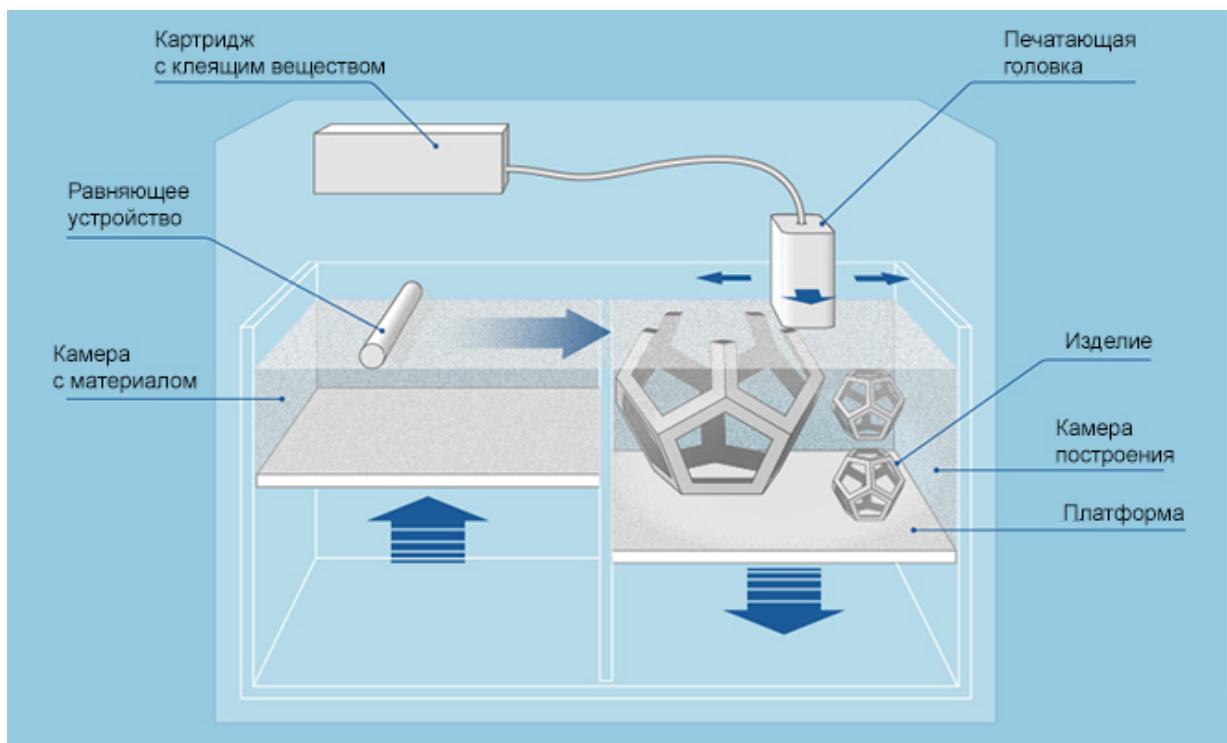


Рисунок 8. Схема построения изделия в аддитивных установках СЈР

СЈР, в сравнении с другими технологиями, обладает низкой себестоимостью производимого прототипа, обеспечивая при этом высокую скорость 3D-печати и качество моделей. Это достигается за счет низкой стоимости материала и его безотходного использования. Один материал служит как для построения модели, так и для ее поддержки во время процесса 3D-печати. Также это единственная технология, которая способна передавать цвета полиграфической палитры CMYK. Технология СЈР позволяет создавать разноцветные модели, а также воспроизводить на их поверхности различные текстуры в высоком разрешении. Доступная

цветовая палитра CMYK достигает 390000 оттенков и наносится в процессе печати совместно с kleящим веществом. Минимальный размер элемента, который можно создать по технологии СЈР, варьируется в диапазоне от 0,4 до 0,1 мм. Такая точность печатных головок систем трехмерной печати позволяет создавать модели с поверхностями различных степеней сложности. Технология СЈР позволяет печатать модели с очень тонкими стенками. Минимально возможная толщина стенки, не прогибающаяся и не разрушающаяся под собственным весом, составляет 0,5 мм. При этом толщина каждого печатного слоя лежит в диапазоне от 0,089 до 0,102 мм. Прототипы, выращенные по технологии СЈР, имеют немного шершавую гигроскопичную (способность поглощать водяные пары из воздуха) поверхность средней прочности. Прототипы легко шлифуются, kleятся и красятся. При необходимости, для снижения гигроскопичности, увеличения прочности, яркости и достижения идеальной гладкости поверхности, возможна ее обработка различными простыми способами: опрыскивание раствором английской соли, обмакивание в закрепителе, обработка поверхности воском или смолой.

1.3 Программное обеспечение аддитивных технологий

Реализация 3D-принтерами поставленных задач невозможна без использования специализированных программных продуктов, предназначенных для создания трехмерных моделей (цифровых аналогов) создаваемых физических объектов.

Приступая к обзору программного обеспечения для трехмерного моделирования и проектирования, необходимо очертить две глобальные задачи, на решение которых оно нацелено:

- обработка данных 3D-сканирования и моделирования;
- подготовка моделей к 3D-печати.

1.3.1 Программное обеспечение для обработки данных 3D-сканирования

Важно понимать, что сам по себе процесс сканирования – только первый этап работы, это просто сбор «сырой» информации. Чтобы получить конечный результат, мы должны обработать данные сканирования с помощью специализированного ПО.

Задача программного обеспечения этого типа – создание виртуальной трехмерной копии физического объекта для ее последующего использования в системах автоматизированного проектирования, технологической подготовки производства и инженерного анализа (CAD/CAM/CAE).

После того как сканирование выполнено, полученные данные обрабатываются в программных продуктах. 3D-сканеры представляют данные в виде облака точек, а современные модели – в виде полигональных моделей (точек, которые сшиваются между собой методом триангуляции). С помощью ПО можно устранить ошибки в отсканированной модели, создать набор NURBS-поверхностей, спроектировать полноценные параметрические твердотельные модели, проанализировать возможные изменения и погрешности, провести исследования, сравнительный анализ, а также контроль размеров и качества физического объекта.

3D-сканирование и, соответственно, обработка полученных данных решает следующие задачи:

- контроль геометрии (в том числе геометрический контроль в процессе эксплуатации для измерения износа, входной и выходной контроль изделий);
- обратное проектирование (для восстановления и/или оптимизации формы объекта, обратный инжиниринг и построение CAD-модели);
- измерение реальных объектов для реконструкции или перепланировки зданий, сооружений, объектов;

- проверка на собираемость;
- создание цифровых архивов.

На производстве 3D-сканирование применяется прежде всего для обратного проектирования (reverseengineering) и контроля геометрии.

Обратное проектирование затрагивает все этапы производства от готового изделия к проекту. Оно позволяет воссоздать объекты или их элементы в случае отсутствия конструкторской документации (в том числе изношенные или устаревшие с целью их модернизации). В полученную 3D-модель вносятся необходимые корректировки, можно изменить масштаб, геометрию и т.д. Обратный инжиниринг это далеко не всегда копирование, это прежде всего возможность перенести физический объект или отдельные его элементы в цифровую форму для последующего создания усовершенствованных или принципиально новых продуктов средствами промышленного дизайна. Готовая CAD-модель может быть использована для изготовления изделия как аддитивными, так и традиционными методами.

При контроле качества в серийном производстве 3D-сканер, в сравнении с классическими инструментами измерения, позволяет существенно сэкономить время и трудозатраты, в том числе за счет частичной автоматизации процесса.

Программные продукты Geomagic

Наиболее продвинутые инструменты для обработки данных 3D-сканирования – серия программных продуктов Geomagic (торговой марки, принадлежащей компании 3D Systems). Линейка включает программы Wrap, Control X, Design X, а также плагин для SolidWorks.

ПО Geomagic – удобные инструменты обратного проектирования, в которых реализованы инновационные технологии топологического распознавания форм и их дальнейшего преобразования в твердотельную модель с сохранением истории. Программы обеспечивают оперативное проектирование конструкторской документации либо восстановление

утраченных чертежей посредством реверс-инжиниринга, а также позволяют выполнять детальный анализ отклонений и износа с возможностью автоматизации выгрузки отчетов. В плане скорости и качества это отличные решения для «лечения» и преобразования областей сканирования, а по универсальному набору функций и алгоритмов обработки данных им нет аналогов на рынке.

GeomagicWrap - удобный инструмент для работы в 3D

Высокопроизводительная программа для обработки области точек и полигональной сетки. Это быстрый и точный инструмент для дизайна, моделирования, «лечения» и оптимизации данных с сохранением качества текстуры и фактуры. Wrap дает возможность легко преобразовать трехмерные данные в точные 3D-модели, которые можно незамедлительно использовать в различных сферах, передавать в 3D-печать или архивировать. Wrap по удобству работы с трехмерными объектами – своего рода Photoshop в мире 3D.

GeomagicWrap включает в себя:

- наличие сценариев макросов для автоматизации процессов;
- самый простой способ сохранить, преобразовать текстуру и фактуру поверхности, в том числе и в карту текстуры;
- инновационная возможность преобразования скрученных поверхностей в плоские для их измерения, моделирования текстуры и фактуры, создания 2D-эскизов;
- простой и оперативный способ создать из области точек 3D-модель для печати;
- поддержка всех трехмерных цифровых преобразователей, камер и сканеров формата XYZ/ASCII и обработка упорядоченных и неупорядоченных данных поверхностей, и объемов.

GeomagicControl X - мощный софт для контроля геометрии

Гибкий программный продукт для выявления и решения проблем в области контроля качества, предлагающий многофункциональные и интуитивно понятные инструменты измерения, управления и анализа.

Непосредственная задача ПО – сравнение данных 3D-сканирования эксплуатационного изделия с эталонной моделью и составление полноценных отчетов в удобном формате. Процесс формирования отчетности может быть автоматизирован, а полученными данными легко обмениваться со всеми участниками проекта. Control X позволяет значительно повысить показатели предприятия при выполнении контроля качества продукции.

GeomagicControlX включает в себя:

- возможность сравнения полученных данных как с эталоном, так и с другими данными;
- контроль и анализ полученной информации в сравнении как с эталоном, так и с другими данными;
- настраиваемые выгружаемые отчеты, с возможностью автоматизации контроля;
- поддержка данных, полученных не только с помощью 3D-сканирования, но и другими способами;
- поддержка большого количества форматов, что позволяет контролировать и анализировать данные из различных источников;
- интуитивно понятный интерфейс.

GeomagicDesign X - новые возможности работы в САПР

Наиболее комплексное программное обеспечение для реверс-инжиниринга, начиная с данных 3D-сканирования до создания твердотельной параметризованной модели (CAD).

Design X быстро обрабатывает сканы моделей, позволяя сэкономить средства на реализацию проекта и быстрее вывести продукт на рынок. ПО предлагает обширный выбор передовых инструментов САПР и обработки сканов и будет незаменим при работе со сложными проектами. В частности,

у программы есть специальный инструмент для предварительной обработки полигональных моделей, ускоряющий дальнейшую работу.

GeomagicDesignX включает в себя:

- возможность создания дерева построения CAD-детали в наиболее распространенных международных САПР;
- воссоздание истории построения CAD-детали в самых передовых САПР;
- быстрое воссоздание моделей по отсканированным данным;
- многообразие инструментов и алгоритмов для обработки данных.

GeomagicforSolidWorks - быстрый путь от физического объекта к рабочей среде CAD

Программное решение для реверс-инжиниринга с широким набором функций. Это набор программных инструментов, который обеспечивает расширенные возможности по использованию облаков точек и многоугольников в процессе проектирования. Представляет собой плагин, совместимый с популярными моделями 3D-сканеров и поддерживающий импорт стандартных форматов точечных и полигональных файлов.

GeomagicforSolidWorks включает в себя:

- скоростная автоматизированная обработка облака точек;
- мощные инструменты выравнивания;
- автоматическая обработка поверхности;
- формирование поперечных сечений сеток;
- 3D-сравнение с анализом отклонений начального уровня;
- контроль отклонений на всех этапах проектирования;
- создание высококачественных твердотельных моделей;
- интеграция с промышленными 3D-сканерами для работы по прямой схеме «сканер — SolidWorks», включая FARO, Hexagon, Nikon, Vialux и Capture от 3D Systems;
- дружественный, интуитивно понятный интерфейс.

Программные продукты Creaform

В отличие от других производителей 3D-сканеров, Creaform поставляет свои устройства в комплекте с полностью интегрированным программным обеспечением VXelements, плюс отдельно можно приобрести модули VXModel и VXInspect.

- 2 VXelements – универсальная платформа, объединяющая все важнейшие элементы и инструменты в рамках удобной для пользователя, простой и оптимизированной рабочей среды.
- 3 VXmodel – ПО для реверс-инжиниринга. Преобразует данные 3D-сканирования для использования во всех распространенных программах САПР или 3D-печати.
- 4 VXinspect – программное обеспечение для контроля качества.

1.3.2 Программное обеспечение для проектирования моделей и их подготовки к 3D-печати

MaterialiseMagics – 3D-моделирование на основе САПР и данных 3D-сканирования. Универсальное решение предлагает компания Materialise, разработавшая специально для профессионалов аддитивного производства программный продукт Magics. Он позволяет с высокой скоростью и точностью создавать отдельные слои компонентов на основании трехмерных данных из САПР либо данных 3D-сканирования. Magics обеспечивает полный цикл аддитивного производства – от импорта данных (в STL и другие форматы) и анализа качества до создания поддержек, подготовки платформы и постобработки.

MagicsMaterialise уникален тем, что оснащен максимально разнообразным набором функций, доступным на сегодняшний день. Это своеобразный конструктор, гибкий и адаптируемый практически под любые задачи аддитивного производства. ПО работает с любыми типами трехмерных принтеров, и многие производители уже встраивают Magics в

свои аддитивные установки.Инновационный программный продукт от Materialise востребован в 3D-печати ювелирных изделий, в машиностроении, архитектуре, искусстве и дизайне; активно применяется при прототипировании.

Преимущества программного обеспечения MaterialiseMagics:

- быстрота, оптимизация и высокая надежность работы всех процессов;
- набор практических и эффективных решений для подготовки платформ, построение поддержек при использовании любых технологий 3D-печати;
- широкий функционал редактирования моделей (добавление логотипов, текстур, изображений);
- возможность производить сложные разрезы (например, со встроенными соединительными штырями), булевы операции;
- наличие обширной библиотеки практически на все модели оборудования с прописанными и настраиваемыми параметрами;
- анализ и исправление моделей (быстрое исправление, подготовка и оптимизация полигональной сетки с наилучшим сохранением текстуры, цвета и качества, анализ возможных проблем);
- широкий набор инструментов для проведения бизнес-процессов аддитивного производства;
- интуитивный, легко настраиваемый интерфейс с техподдержкой от разработчика на русском языке.

СоставMaterialise Magics

1. Базовый модуль RP. Имеет широкий набор специальных функций для редактирования моделей, работает с большим количеством форматов импортируемых файлов. Быстро, точно и геометрически правильно исправляет ошибки загруженных файлов. Сохраняет оригинальный цвет, текстуры и фактуры объектов после «лечения» загруженных файлов в зависимости от настроек. Осуществляет удобную настройку процессов на всех этапах подготовки к печати.

2. 12 дополнительных модулей для выполнения специфических функций. К примеру, `MagicsImportModule` обеспечивает импорт множества различных форматов; `MagicsStructuresModule` позволяет проектировать и печатать ячеистые структуры и слои; `MagicsSliceModule` служит для передачи объектов на уровне слоев деталей в форматах CLI, F&S, SLC, SSL; `VolumeSupportModule` и `TreeSupportModule` представляют собой наборы поддержек, и так далее.
3. Отдельный базовый модуль `3-matic` предназначен для моделирования деталей в STL-формате (стандартная триангуляция). Он дает возможность выполнять топологическую оптимизацию на уровне микроструктуры, в том числе при помощи многих САЕ-программ.

КОМПАС-3Д уже много лет является эталонной системой при трёхмерном моделировании твёрдых тел. Эта программа открывает огромные возможности перед профессиональным пользователем для решения сложных задач, связанных с построением различных поверхностей. Для этого в нём имеется обширная внутренняя база библиотек и развитый инструментарий для работы с ней. Основной задачей системы Компас-3Д является формирование модели 3D для детали, её сборочных единиц или отдельных элементов. По виду конструкций могут быть как типичные, так и нестандартные элементы.

При работе с версией КОМПАС-3Д открываются возможности для:

- машиностроительного проектирования,
- применения в приборостроении (при создании принципиальных электрических схем, а также перечней элементов),
- строительного проектирования (является инструментом для создания, использования и хранения интеллектуальных строительных конструкций и элементов, а также включена библиотека для системы проектирования газоснабжения и проектирования систем электроснабжения).

T-FLEX CAD 3D – идеальное решение для того, чтобы автоматизировать конструкторско-технологическую подготовку

производства. Данная программа даёт пользователю надёжные и мощные инструменты, а также обеспечивает возможную интеграцию с самыми лучшими программами в данной области.

Возможности для пространственного моделирования:

- масс-инерционные характеристики трехмерных сборочных конструкций и для твердых тел;
- визуализация трехмерных объектов (шейдинг, рендеринг, реберная модель и удаление невидимых линий);
- возможность получения точных чертежей по разрезам и видам 3D модели;
- получение фотoreалистичных изображений;
- анализ кривизны поверхностей;
- задание материалов, установка источников света, наложение текстур, установка «камер».

Многообразие различных функций и возможностей для получения нужного результата позволяет выбрать для работы именно то программное обеспечение, которое поможет сделать проектирование и печать на 3D-принтере быстрой, удобной и эффективной.

SolidWorks – написать про него.

2. Создание учебных 3D-макетов с помощью технологии 3D-печати

2.1. Постановка задачи

Мобильные канатные дороги, оборудование которых размещено на специальных колесных шасси, являются перспективным видом транспортных систем, предназначенных для быстрой организации доставки грузов и пассажиров в труднодоступных местах. Подобные транспортные системы могут быть использованы при строительстве объектов нефте- и газотранспортных систем, ликвидации последствий стихийных бедствий, при освоении труднодоступных и арктических земель [1, 2].

В настоящее время коллективом ученых ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского» ведутся научные исследования в области создания теории исследования рабочих процессов и проектирования мобильных канатных дорог [2].

Важной составляющей любого научного исследования является проведение выставочных мероприятий. Для презентации и продвижения научно-технической идеи мобильных канатных дорог с помощью технологии 3D-печати был изготовлен масштабный макет, показанный на рис. 1.

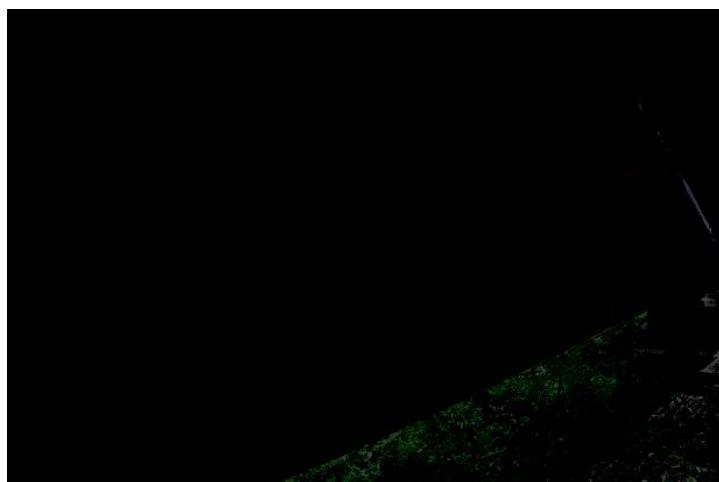


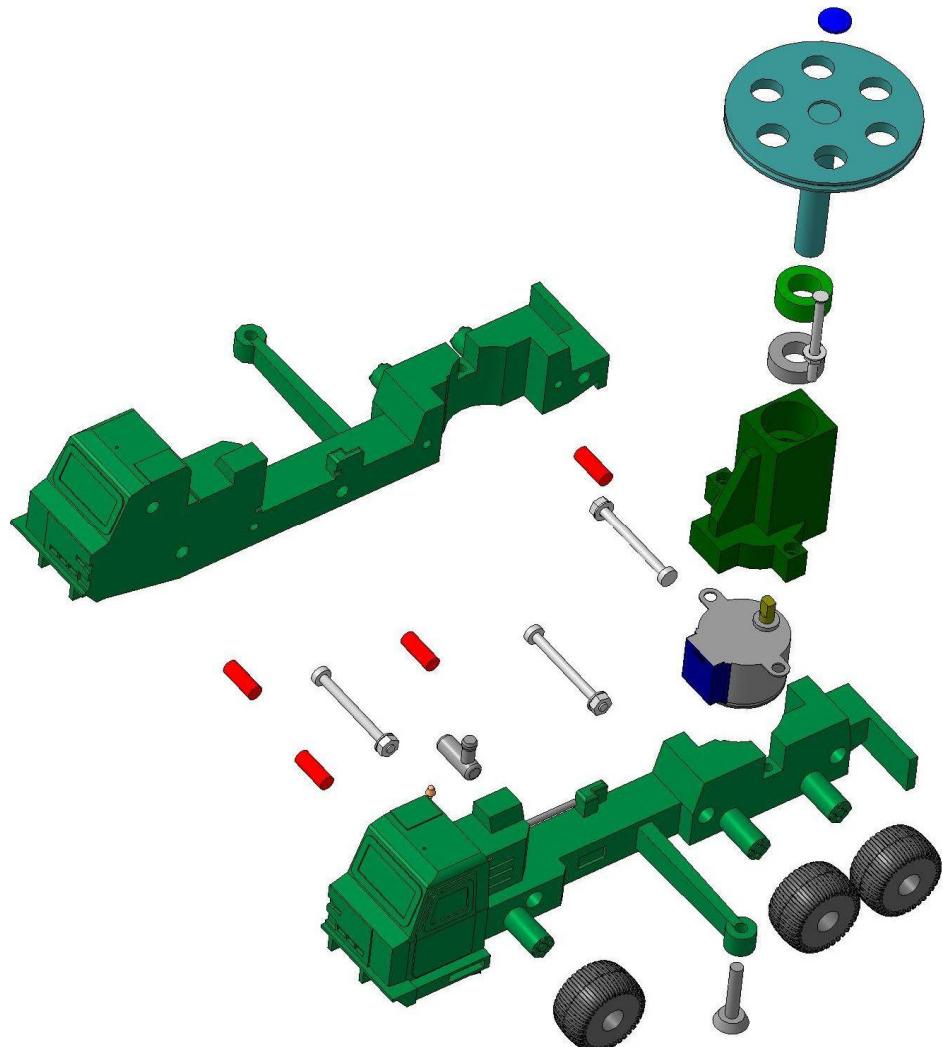
Рис. 1. Общий вид макета мобильной канатной дороги

2.2. Проектирование макета мобильной канатной дороги

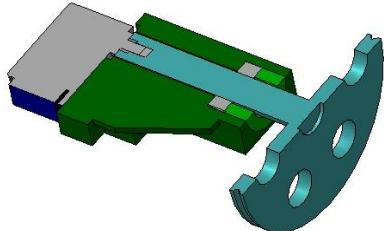
Макет мобильной канатной дороги спроектирован с помощью САД-системы. Цифровая геометрическая модель приводной станции, примененная для 3D-печати, показана на рис. 2. Для наглядности детали, входящие в сборку разнесены в пространстве. Конструктивно показанная модель представляет собой две половины базовой колесной машины, в полость между которыми встроен шкив с опорой канатной дороги и приводной электродвигатель. Половины машины соединены штифтами и болтами.

Макет является демонстрационным и не отражает конечный вид конструкции. Любые совпадения с реальными машинами являются непреднамеренными.

а)



б)



в)

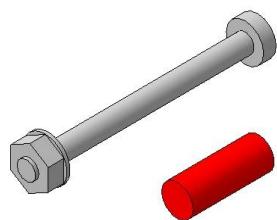


Рис. 2. Цифровая геометрическая модель приводной станции мобильной дороги: а – общий вид с разнесенными в пространстве деталями сборки; б – опора канатной дороги с приводом (в сборке, в разрезе); в – соединители двух половин (болт-шайба-гайка и штифт)

2.3. Изготовление макета мобильной канатной дороги

Макет изготовлен с помощью 3D-принтера XYZ Printing Da Vinci 1.0 PRO (рис. 3) на базе Научно-инновационного центра цифровых технологий Индустрии 4.0 Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского. Печать объекта с помощью печатающей головки 1 происходит на вертикально перемещаемом рабочем столе 2. После нанесения каждого слоя материала рабочий стол принтера опускается вниз на заданную величину (в данном случае – 0,3 мм). Принтер управляется с помощью специализированного программного обеспечения или с панели управления 3.

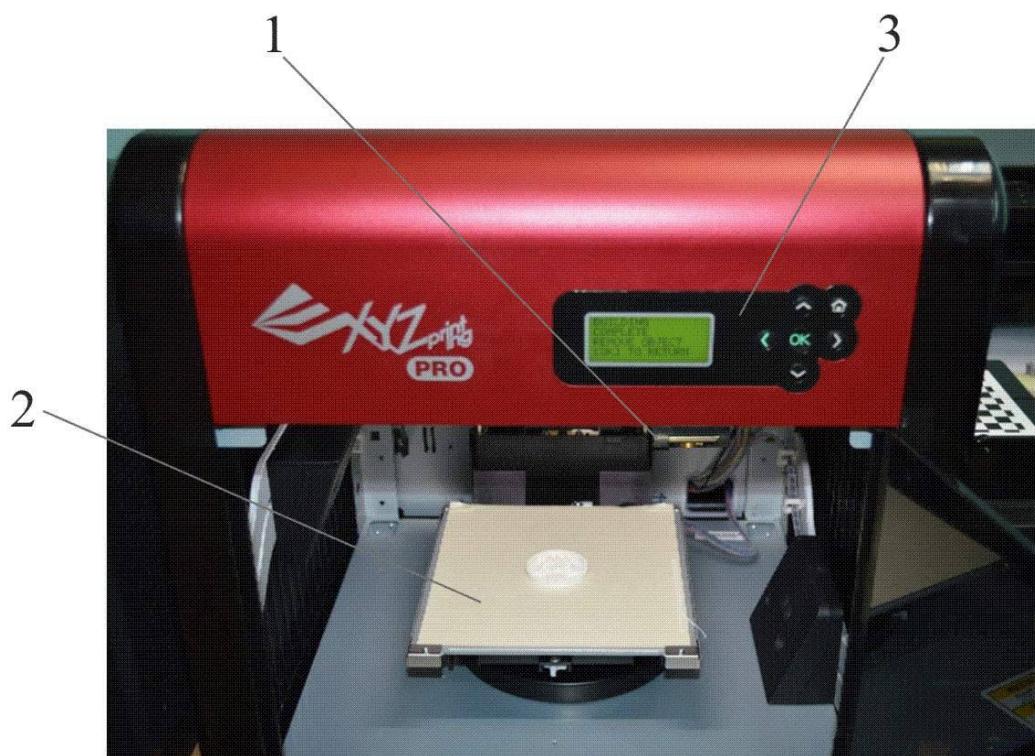


Рис. 3. Общий вид 3D-принтера XYZ Printing Da Vinci 1.0 PRO:
1 – печатающая головка; 2 – рабочий стол; 3 – панель управления

Конструкция печатающей головки принтера показана на рис. 4. Расходный материал для печати в виде пластиковой проволоки 1 из пластика ABS или PLA подается в печатающую головку по питающей трубке шаговым мотором. Попадая в нее, проволока направляется зажимом 2 в стальную направляющую втулку 3, по которой попадает в экструдер 4. В экструдере проволока нагревается до температуры плавления и выдавливается через сопло 5 на рабочий стол принтера. Для предотвращения нагревания микроконтроллера 6 печатающей головки между стальными и пластиковыми деталями существует воздушный термоизоляционный зазор 7. Кроме того, радиатор 8 обдуваются сзади вентилятором охлаждения. Детали печатающей головки смонтированы в металлическом корпусе 11.

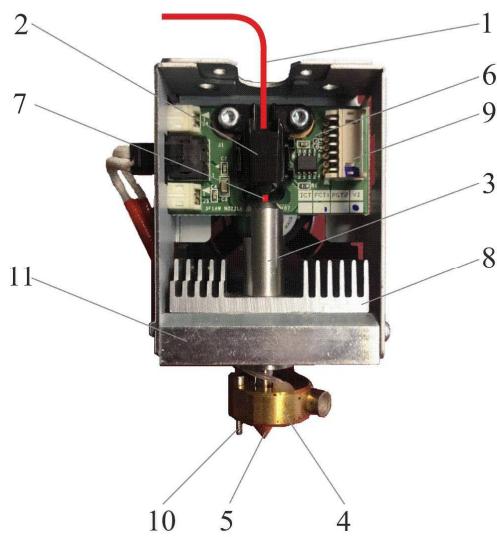


Рис. 4. Конструкция печатающей головки 3D-принтера: 1 – пластиковая проволока (расходный материал для печати); 2 – зажим; 3 – направляющая втулка; 4 – экструдер; 5 – сопло; 6 – микроконтроллер печатающей головки; 7 – воздушный термоизоляционный зазор; 8 – радиатор охлаждения; 9 – разъем подключения питания и интерфейса управления; 10 – измерительный щуп; 11 – корпус

При печати могут возникать различные мелкие дефекты поверхности, которые устраняются в ходе последующей механической обработки (обрезка кусачками, обтачивание напильниками, шлифовка, полировка). Наибольшую опасность представляет отклеивание печатаемой детали от поверхности рабочего стола и деформации под воздействием гравитации. Появление таких дефектов

во многих случаях требует перепечатывания детали с применением специальных мер.

Последствия отклеивания детали наглядно показаны на рис. 5. Поверхность, соприкасающаяся с рабочим столом принтера, под воздействием технологических термоусадочных напряжений искривилась, что вызвало отклеивание одного из углов печатаемой детали. Аналогичный дефект возник при печати шкива приводной станции макета (рис. 6).



Рис. 5. Отклеивание и деформация угла печатаемой детали

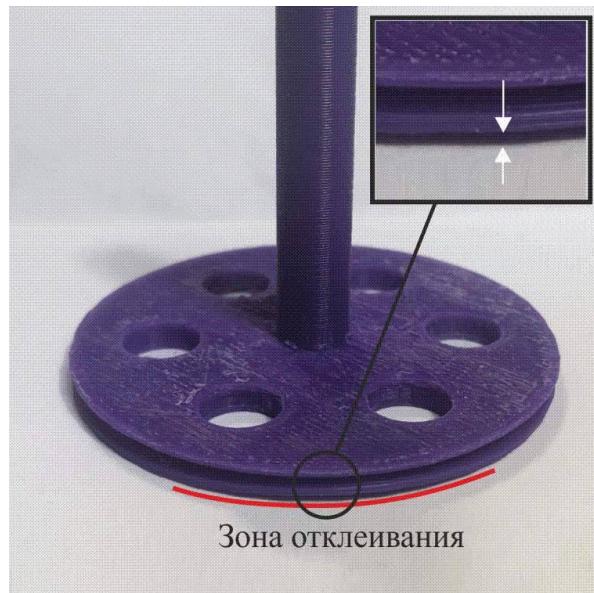


Рис. 6. Отклеивание поверхности шкива

Для улучшения сцепления печатаемой детали и рабочего стола поверхность последнего покрывается малярным скотчем или специальным листовым самоклеящимся материалом. Это также защищает рабочий стол от повреждений. Практика показала, что наиболее эффективным способом борьбы с отклеванием является нанесение поверх малярного скотча или листового покрытия канцелярского клея (рис. 7).



Рис. 7. Нанесение канцелярского клея для улучшения сцепления печатаемой детали с рабочим столом 3D-принтера

Если расплавленный пластик оказывается без опоры снизу, то под воздействием гравитации он течет вниз, что приводит к искажению формы детали (рис. 8). Для предотвращения этого необходимо добавлять в модель поддерживающие элементы (поддержки), которые будут препятствовать стеканию материала вниз.

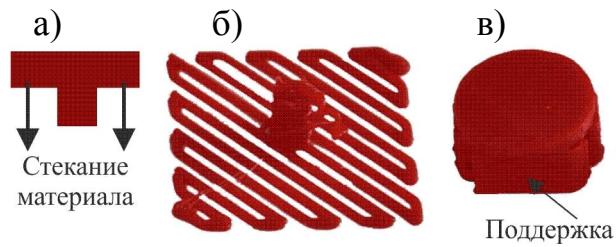


Рис. 8. Гравитационные дефекты детали и их предотвращение: а – эскиз детали; б – дефект печати; в – поддерживающий элемент (поддержка)

После окончания печати деталь снимается с рабочего стола принтера шпателем (рис. 9). В случае применения канцелярского клея может понадобиться использование канцелярского ножа.

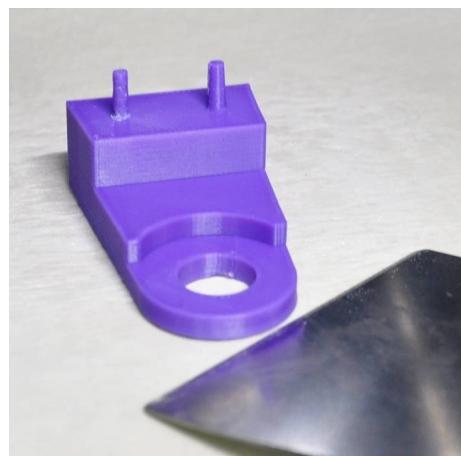


Рис. 9. Снятие детали с рабочего стола 3D-принтера

Как было сказано выше, неровности и шероховатости на поверхности напечатанной детали удаляются механическим способом. На рис. 10 показана обработка шкива в сборе с опорой с помощью шлифовальной машинки. Также можно выполнить сглаживание поверхности растворителем (для пластика ABS используется ацетон).



Рис.10. Механическая обработка шкива

3D-принтер при печати может не обеспечивать точное совпадение размеров изготавливаемой детали. Например, шероховатость поверхности может выступать за номинальный размер, заданный в геометрической модели. Последующая механическая обработка детали может быть недопустима по эстетическим соображениям.

Для подбора необходимых размеров, гарантирующих получение требуемой посадки деталей в сборке, рекомендуется проводить тестовую печать. Например, для обеспечения посадки H0 оси шкива и подшипника опоры (рис. 11) с номинальным диаметром 9,0 мм напечатаны фрагменты оси шкива высотой 5,0 мм и диаметром 8,7; 8,8; 8,9 мм. По итогам тестовой печати номинальный размер оси шкива был выбран равным 8,9 мм. Это обеспечило требуемую посадку.

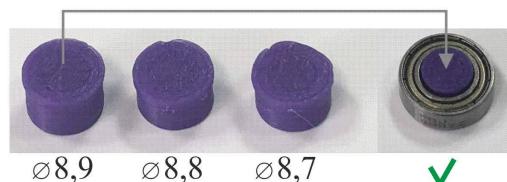


Рис. 11. Тестовая печать для подбора диаметра оси шкива

В ряде случаев текстура поверхности напечатанной детали отвечает эстетическим требованиям, например, в изготовленных макетах шарнирных соединений манипуляционных систем мобильных машин [3, 4]. В этом случае внешняя поверхность детали имеет волнистую текстуру, повторяющую рельеф поверхности рабочего стола.

Нанесение лакокрасочного покрытия существенно улучшает внешний вид распечатанных деталей. Поэтому элементы макета мобильной канатной дороги окрашены акриловой краской.

Следует отметить, что качественная покраска требует соблюдения технологии нанесения, указанной в инструкции по применению. Также необходимо исключить влияние внешней среды на окрашиваемые поверхности.

Перед покраской дефекты поверхности замазываются шпаклевкой с последующим удалением затвердевших излишков наждачной бумагой или шлифовальной машинкой. Дефекты могут быть замазаны раствором пластика в растворителе.

Затем поверхность деталей зачищается наждачной бумагой и обезжиривается уайт-спиритом. Эти мероприятия позволяют улучшить качество нанесения краски.

Для предотвращения движения деталей под действием струи краски, распыляемой из баллона или аэографа, детали фиксируются на подложке с помощью двухстороннего скотча (рис. 12) или устанавливаются в держатели (рис. 13). Поверхности, которые не покрываются лакокрасочным покрытием, закрываются малярным скотчем.



Рис.12. Фиксация деталей на подложке двухсторонним скотчем



Рис.13. Размещение деталей в держателях (покраска верхней поверхности шкива)

Покраска деталей включает в себя нанесение нескольких слоев грунтовки (рис. 14) и нескольких слоев краски (рис. 15).



Рис.14. Нанесение грунтовки



Рис.15. Нанесение краски

Перед нанесением каждого слоя выдерживается время, необходимое для высыхания предыдущего слоя (согласно инструкции производителя). Макет мобильной канатной дороги покрашен акриловой краской по акриловой грунтовке.

Краска может наноситься как с помощью аэробографа (баллона с краской), так и с помощью кистей.

Модель базовой станции мобильной канатной дороги имеет сложную конфигурацию, потому при ее печати использовались поддерживающие элементы. На рис. 16,а они показаны красными прерывистыми линиями. Кроме того, распечатанные детали потребовали дополнительной механической обработки поверхности для удаления дефектов и обеспечения требуемой шероховатости поверхности.

Покраска модели базовой станции проводилась после надежного скрепления двух ее половин штифтами и болтами, так как зазор между ними был предварительно зашпаклеван (рис. 16).

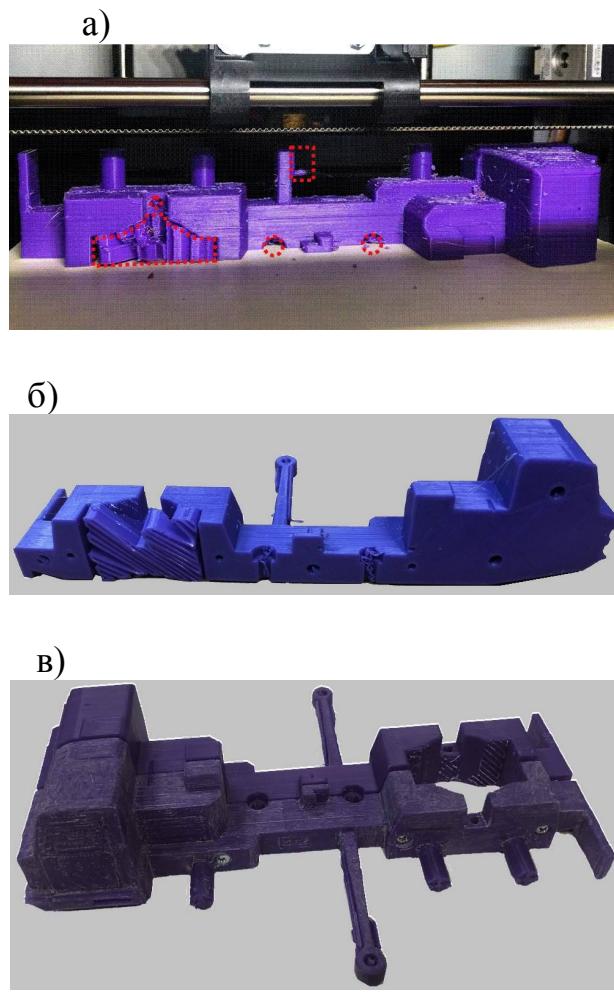


Рис.16. Сборка модели базовой станции:
 а – правая половина во время печати,
 б – готовая правая половина,
 в – две половины в сборе

После окончания общей покраски элементов макета вручную были покрашены мелкие части макета (передние и задние фары, окна кабины и т.п.).

На завершающем этапе была выполнена окончательная сборка деталей макета, как изготовленных с помощью 3D-печати, так и приобретенных отдельно.

2.4. Создание системы управления макетом мобильной канатной дороги

Созданный макет мобильной канатной дороги является действующим. Для демонстрации функционала системы макет оснащен приводом с системой управления на базе микроконтроллера Arduino (рис. 17).

В корпус макета приводной станции мобильной канатной дороги встроен электромотор 1, подключенный к компактному микроконтроллеру Arduino Nano 2. Для изменения направления вращения электромотора используется кнопка реверса 3, для изменения скорости вращения – регулируемый

резистор 4. Питание системы может осуществляться как от USB-разъема микроконтроллера, так и от аккумулятора 5. Предусмотрена функция подзарядки аккумулятора от USB-разъема микроконтроллера.

Для проверки работоспособности системы указанные компоненты были собраны с использованием макетной платы 6 для монтажа без припаивания (рис. 17, б). После тестирования и настройки компоненты системы были перемонтированы путем припайки на более компактной и надежной в эксплуатации макетной плате из фольгированного стеклотекстолита (рис. 17, в). Для защиты от внешних воздействий, компоненты системы управления были помещены в корпус, изготовленный с помощью 3D-печати.

Окончательный вариант использования изготовленной мехатронной системы в составе макета мобильной канатной дороги показан на рис.17, г.

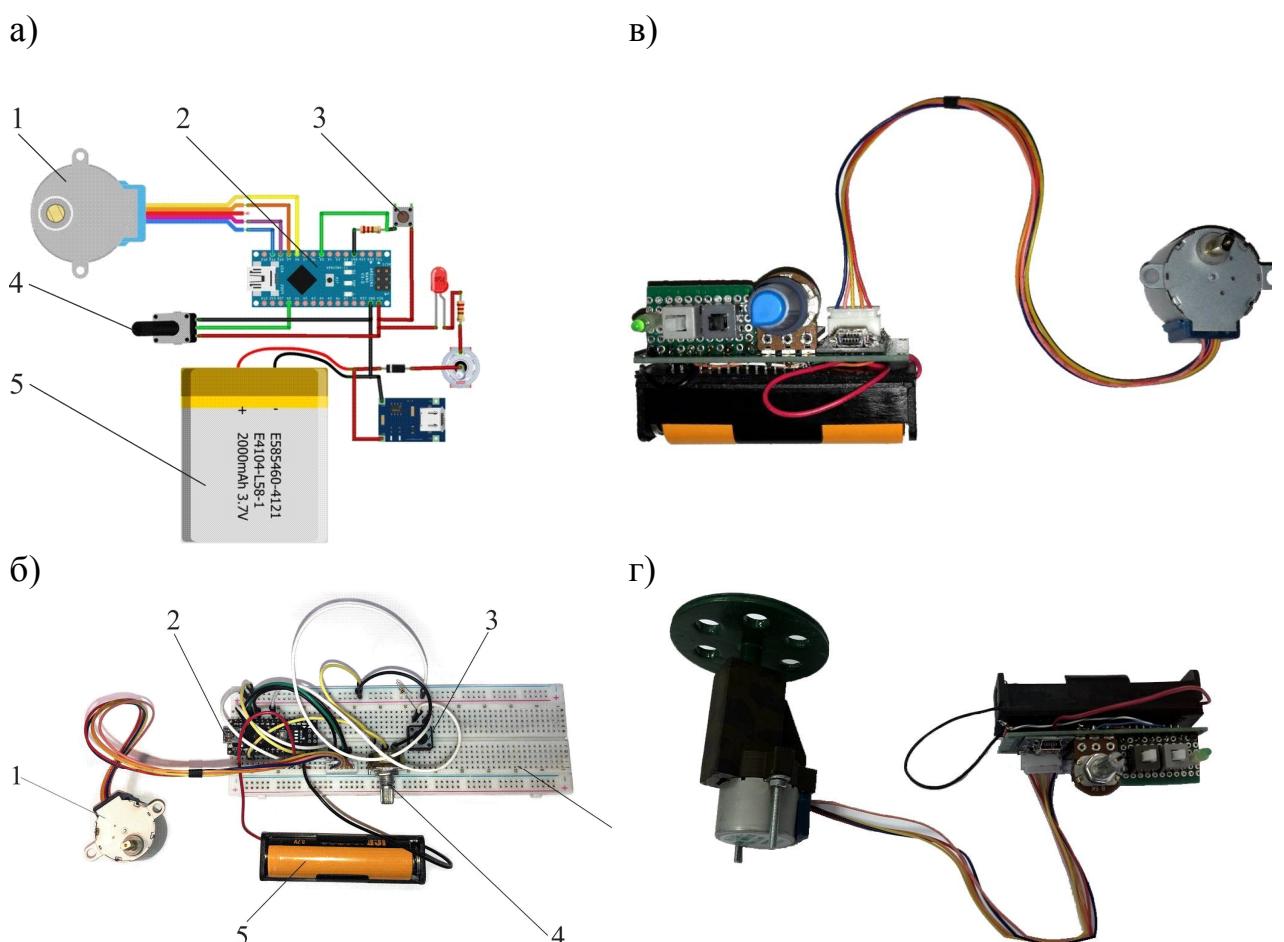


Рис. 17. Этапы создания привода и системы управления макетом на базе микроконтроллера Arduino: а – эскиз схемы в программе Fritzing; б – предварительная сборка компонентов на макетной плате для проверки работоспособности; в – окончательная сборка компонентов на макетной плате из фольгированного стеклотекстолита; г – окончательный вид привода в составе макета; 1 – электромотор; 2 – микроконтроллер Arduino Nano; 3 – кнопка реверса; 4 – резистор регулировки скорости вращения; 5 – аккумулятор 5В; 6 – макетная плата для монтажа без припаивания

Список литературы

1. Пат. 2337023 Рос. Федерация: МПК7 В61В 7/00. Мобильная подвесная канатная дорога / Короткий А.А., Хальфин М.Н., Маслов В.Б. и др.; заявитель и патентообладатель ООО «Инженерно-консультационный центр «Мысль» НГТУ. – № 2007102705/11; заявл. 24.01.2007; опубл. 27.10.2008, Бюл. 30.
2. Лагерев, А.В. Обеспечение общей устойчивости базовых колесных станций мобильных канатных дорог / А.В. Лагерев, В.И. Таричко, С.В. Солдатченков // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2019. – №2. – С. 210-220. – DOI: <https://doi.org/10.22281/2413-9920-2019-05-02-210-220>.
3. Лагерев, И.А. Моделирование рабочих процессов манипуляционных систем мобильных многоцелевых транспортно-технологических машин и комплексов / И.А. Лагерев. – Брянск: РИО БГУ, 2016. – 371 с. DOI: 10.5281/zenodo.1198980.
4. Лагерев, И.А. Современная теория манипуляционных систем мобильных многоцелевых транспортно-технологических машин и комплексов. Конструкции и условия эксплуатации / И.А. Лагерев, А.В. Лагерев. – Брянск: РИО БГУ, 2018. – 190 с. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1294622>.
5. Лагерев, А.В. Проектирование и исследования конвейеров с подвесной грузонесущей лентой / А.В. Лагерев, Е.Н. Толкачев, П.В. Бословяк. – Брянск: РИО БГУ, 2016. – 303 с.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1197308>
6. Лагерев, А.В. Динамические процессы при переходных режимах работы дискретного участка конвейера с распределенным приводом / А.В. Лагерев, Д.Ю. Кулешов // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2013.- №2. – С. 50-56.
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1302028>
7. Лагерев, А.В. Моделирование рабочих процессов и проектирование многоприводных ленточных конвейеров / А.В. Лагерев, Е.Н. Толкачев, К.А. Гончаров. – Брянск: РИО БГУ, 2017. – 384 с. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.119661>



Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского»

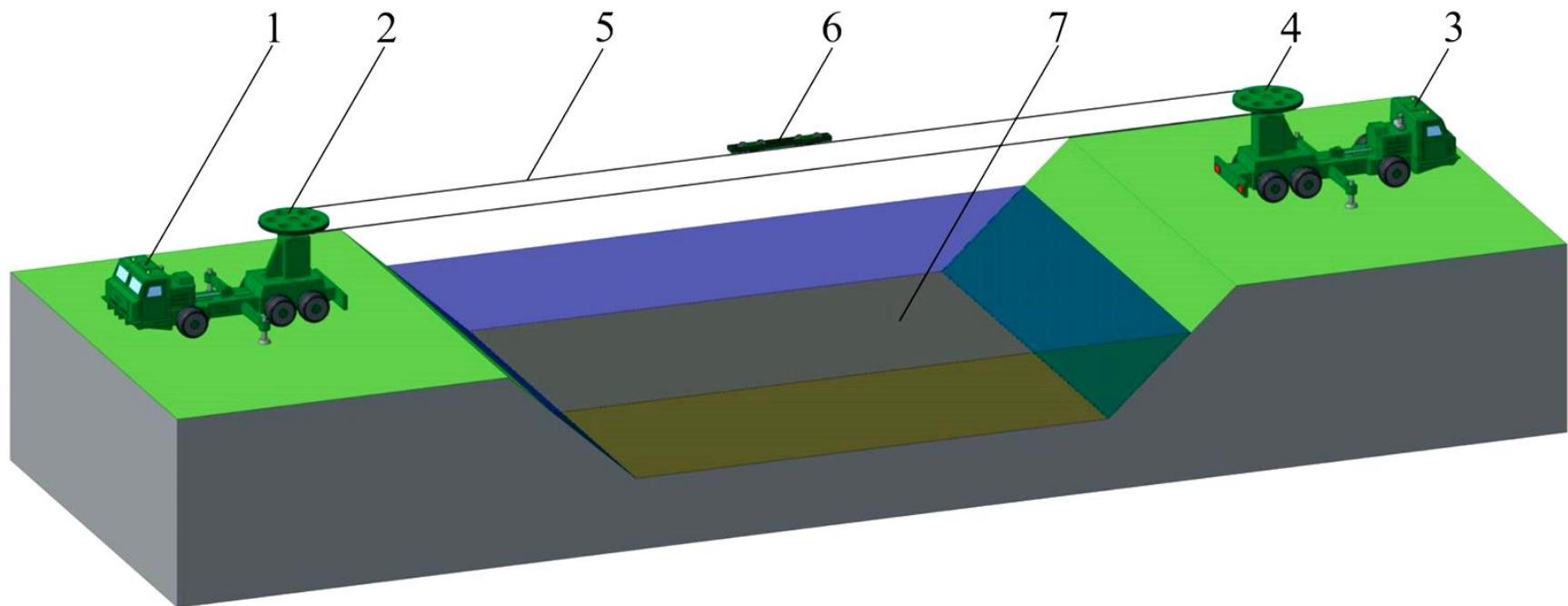
ЗД-ПЕЧАТЬ

**СОЗДАНИЕ МАКЕТА
ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ**

**Материалы к лекционному занятию
по курсу повышения квалификации**

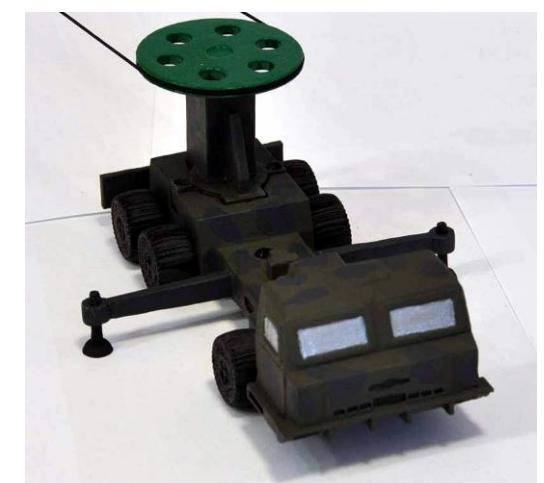
Брянск, 2021

НАУЧНАЯ КОНЦЕПЦИЯ



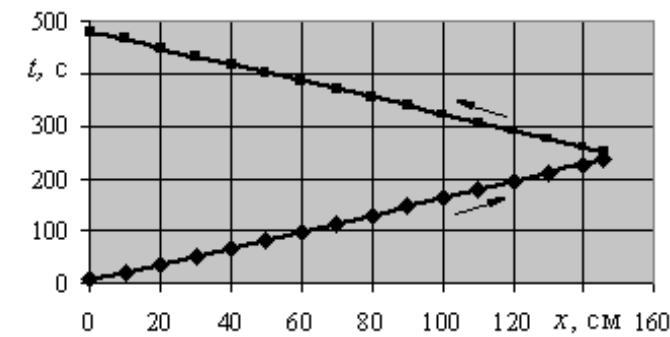
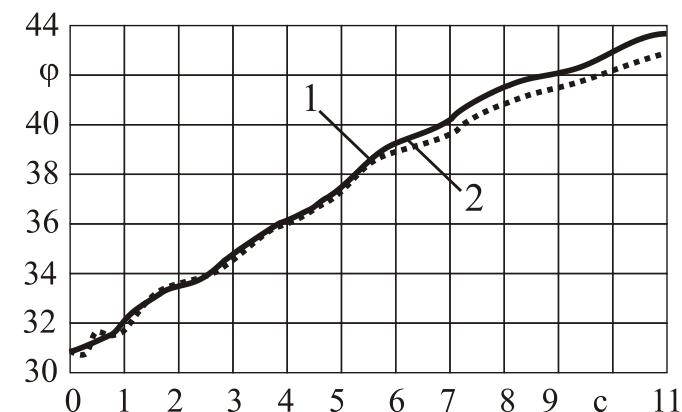
1 – приводная базовая станция на базе колесного шасси; 2 – приводной шкив канатной дороги с приводом; 3 – неприводная базовая станция на базе колесного шасси; 4 – неприводной шкив канатной дороги с механизмом натяжения каната; 5 – кольцевой несуще-тяговый канат; 6 – каретка для подвески груза; 7 – преодолеваемое препятствие (в данном случае – река)

РЕЗУЛЬТАТ СОЗДАНИЯ МАКЕТА

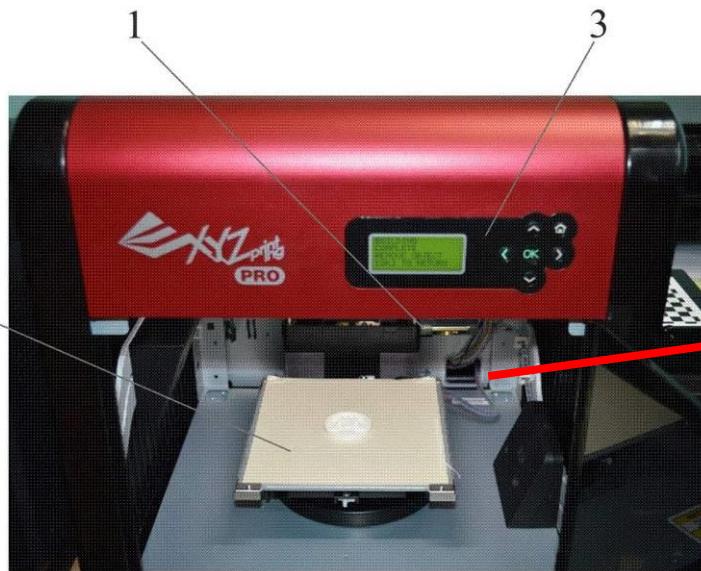


ЗАЧЕМ НУЖЕН МАКЕТ?

1. Выставочная деятельность университета.
2. Для получения навыка в области 3Д-печати.
3. Тестирование алгоритмов математического моделирования.

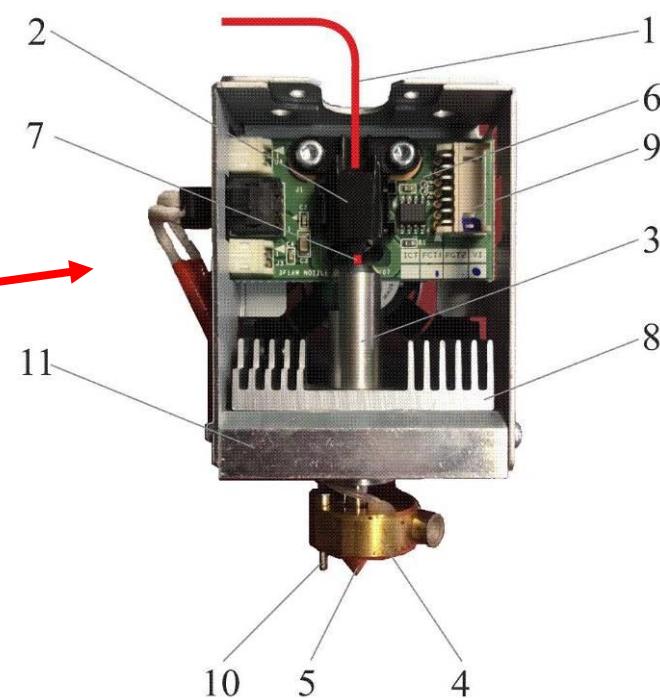


3Д-ПРИНТЕР XYZ Printing Da Vinci 1.0 PRO



Общий вид 3D-принтера XYZ
Printing Da Vinci 1.0 PRO:

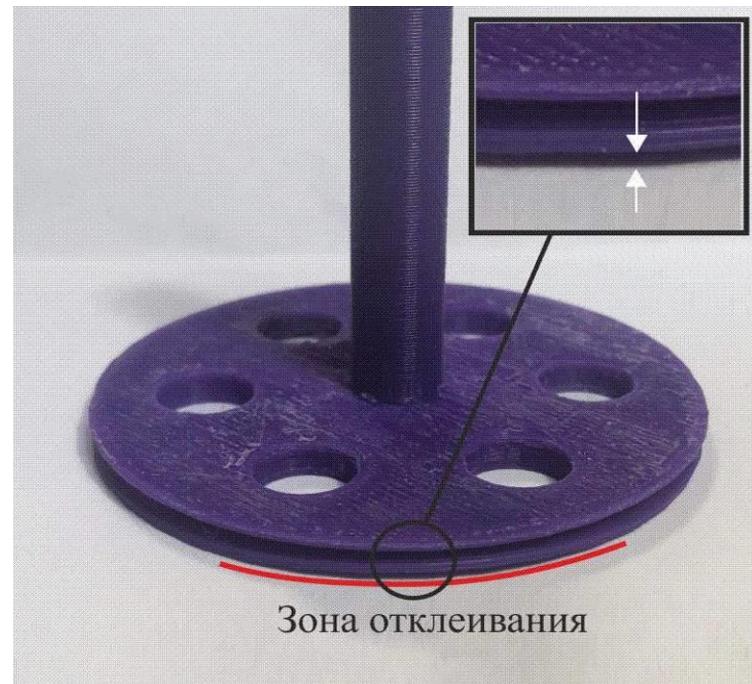
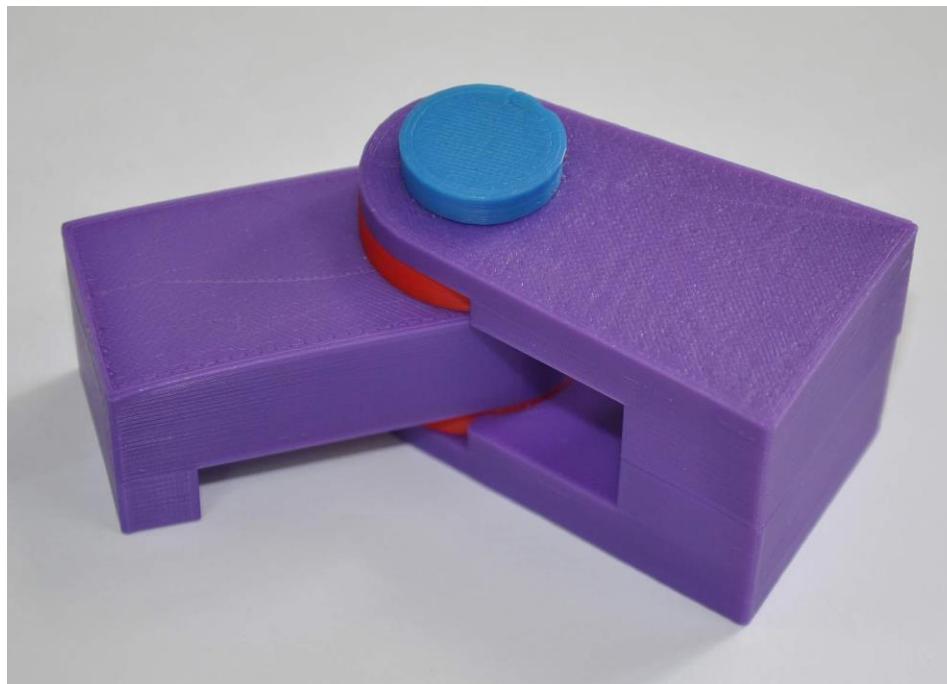
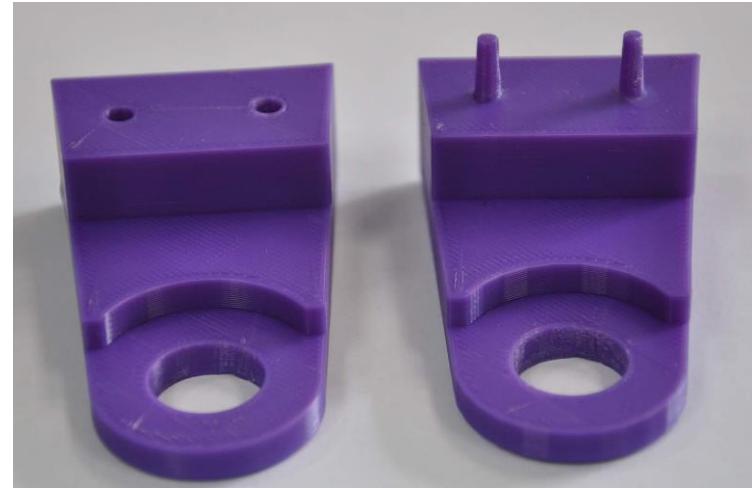
- 1 – печатающая головка;
- 2 – рабочий стол; 3 – панель управления



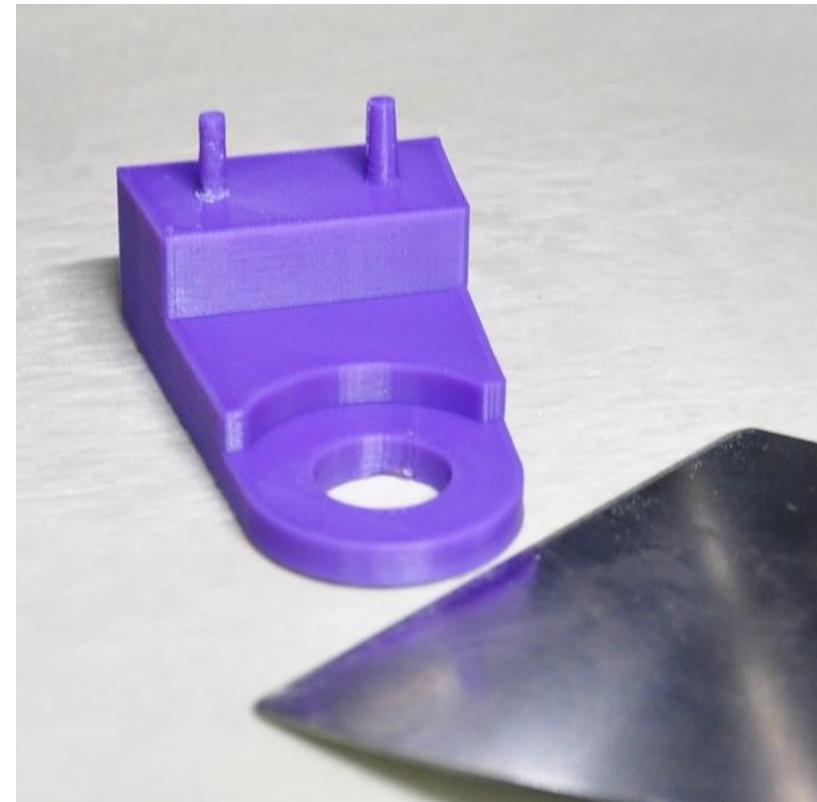
Конструкция печатающей головки 3D-принтера:

- 1 – пластиковая проволока (расходный материал для печати); 2 – зажим; 3 – направляющая втулка; 4 – экструдер; 5 – сопло; 6 – микроконтроллер печатающей головки; 7 – воздушный термоизоляционный зазор; 8 – радиатор охлаждения; 9 – разъем подключения питания и интерфейса управления; 10 – измерительный щуп; 11 – корпус

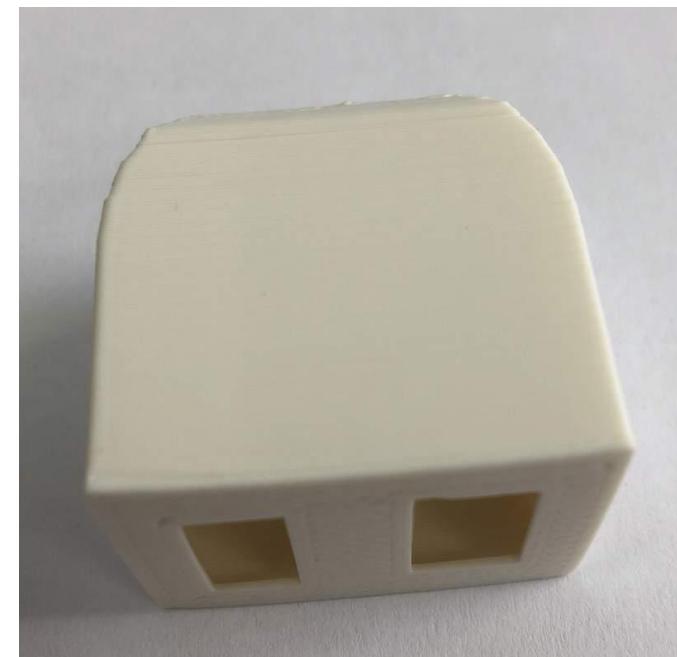
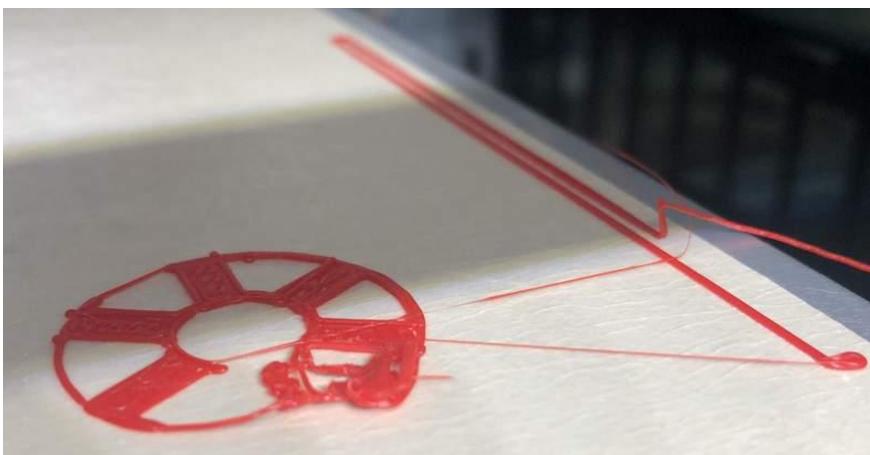
СЦЕПЛЕНИЕ ОБЪЕКТА С ПОДЛОЖКОЙ



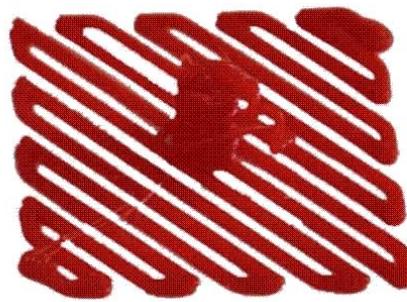
СЦЕПЛЕНИЕ ОБЪЕКТА С ПОДЛОЖКОЙ



СЦЕПЛЕНИЕ ОБЪЕКТА С ПОДЛОЖКОЙ



ПОДДЕРЖКИ. ПЛОТ. ПОДБОР РАЗМЕРОВ



Ø8,9

Ø8,8

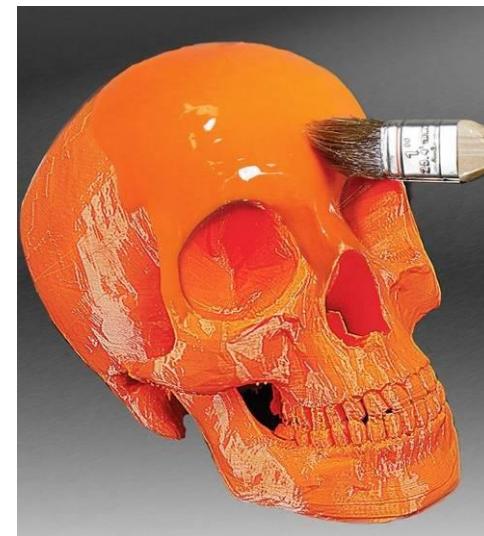
Ø8,7



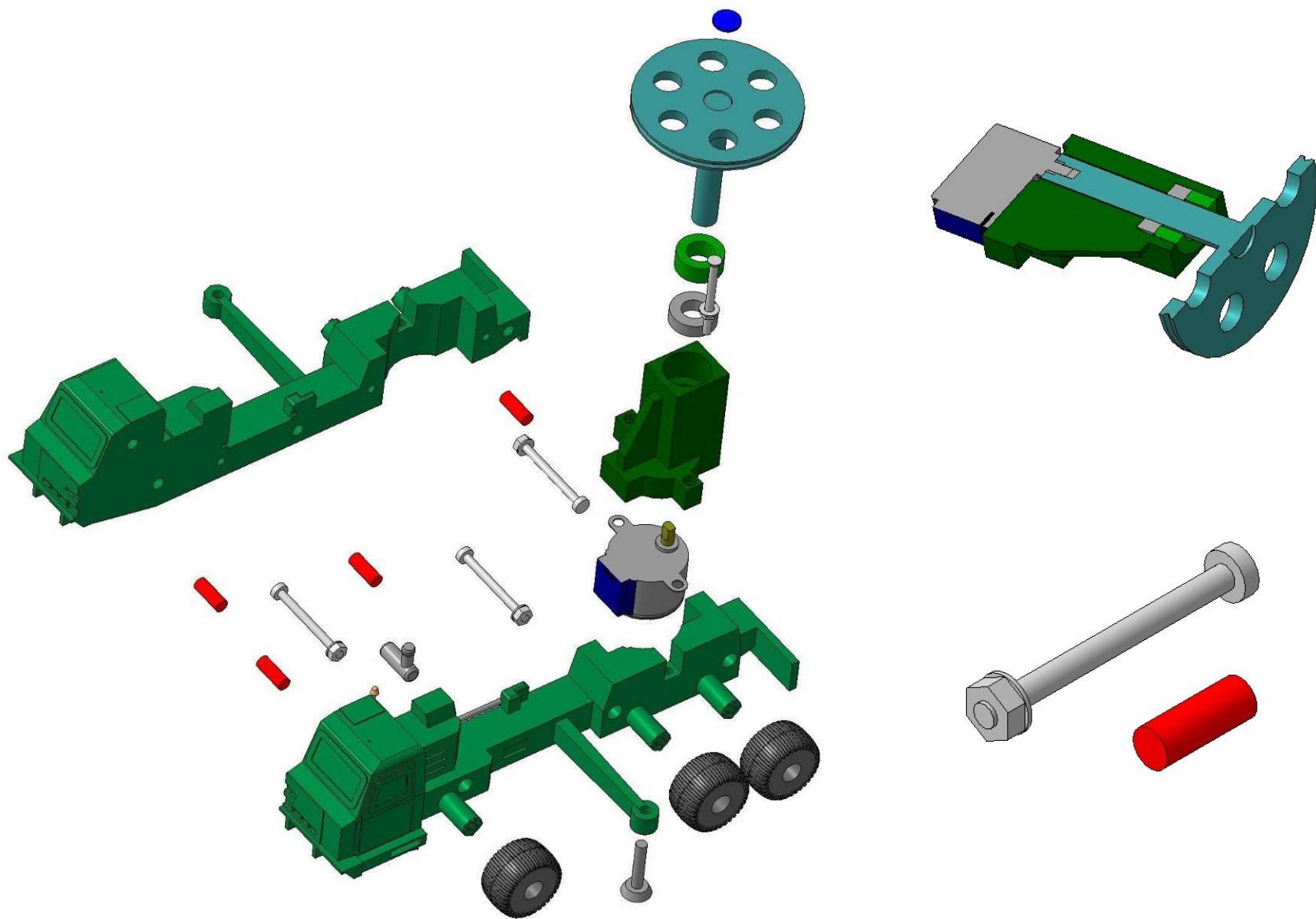
ФИНИШНАЯ ДОРАБОТКА ОБЪЕКТОВ



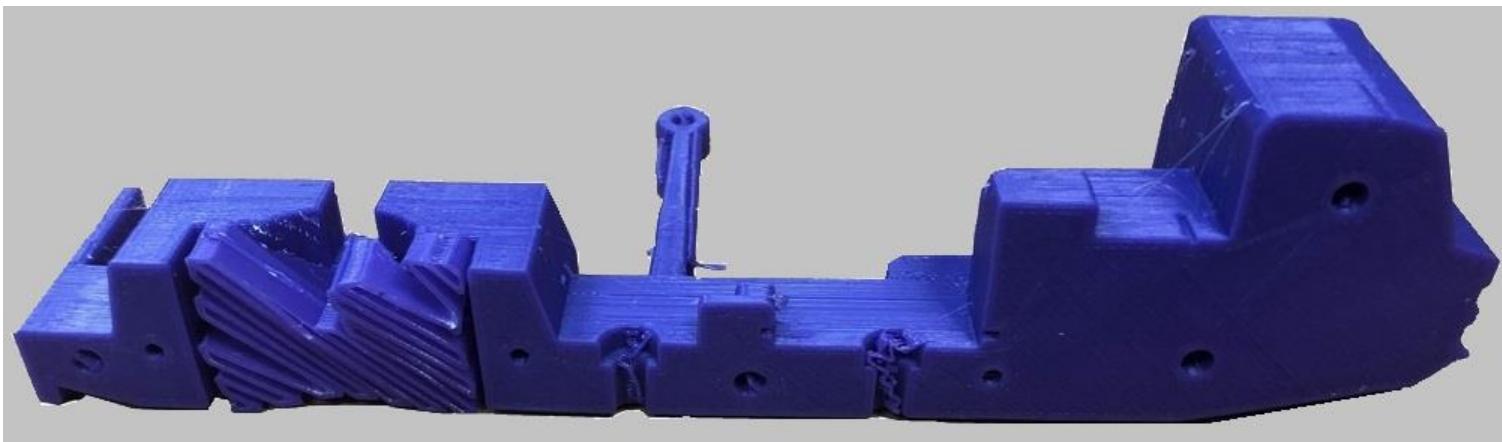
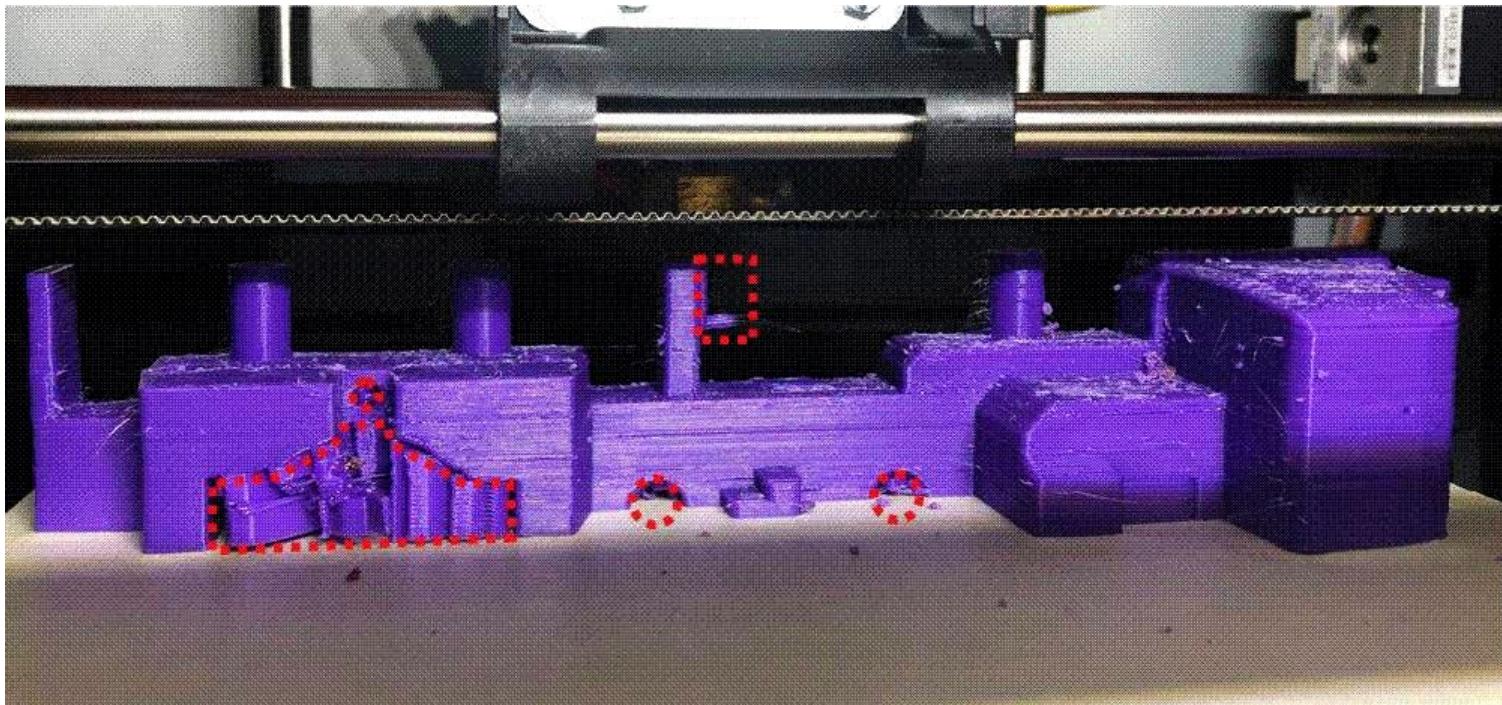
АЦЕТОНОВАЯ БАНЯ И РАБОТА С ДЕФЕКТАМИ



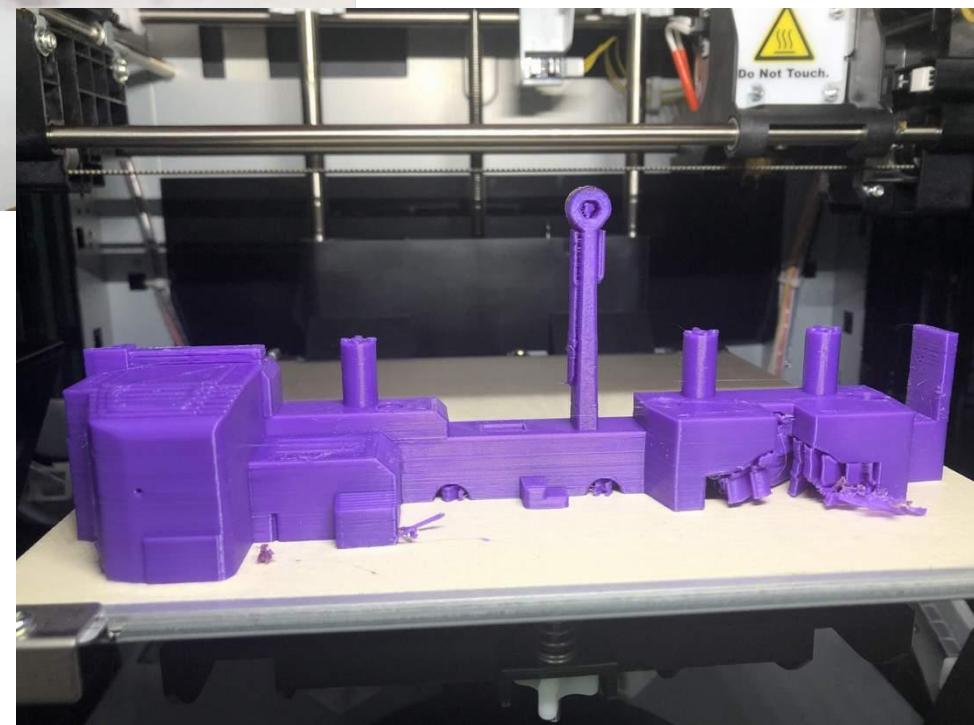
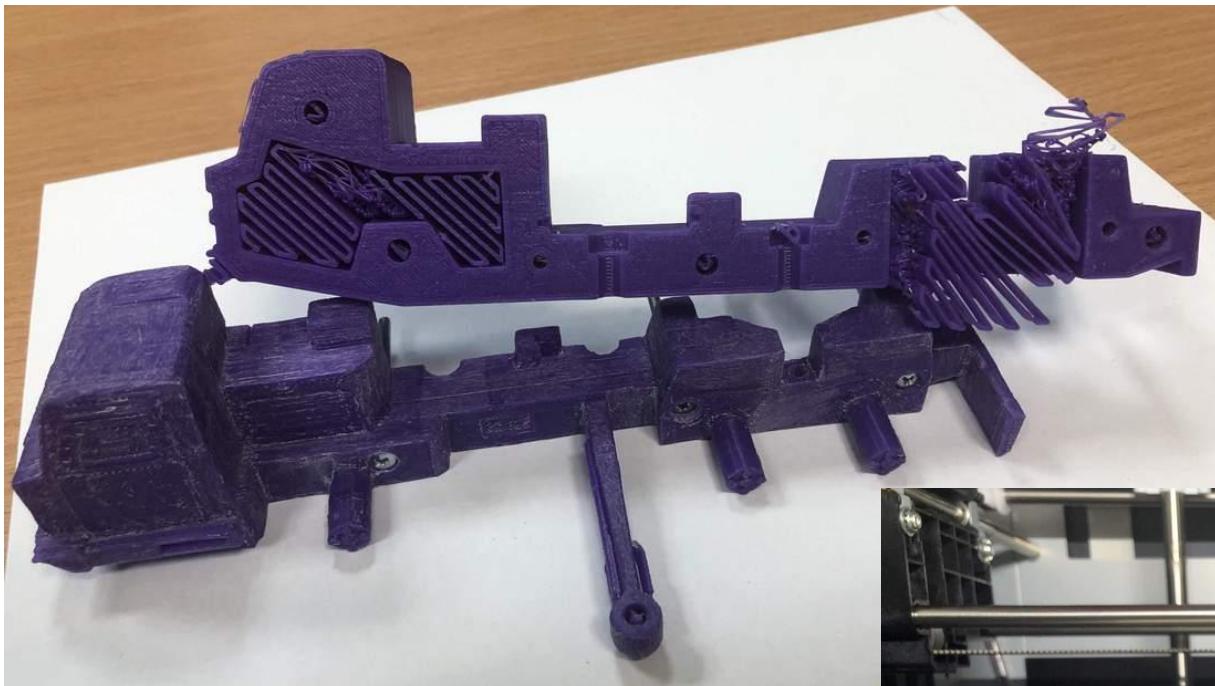
СОЗДАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ



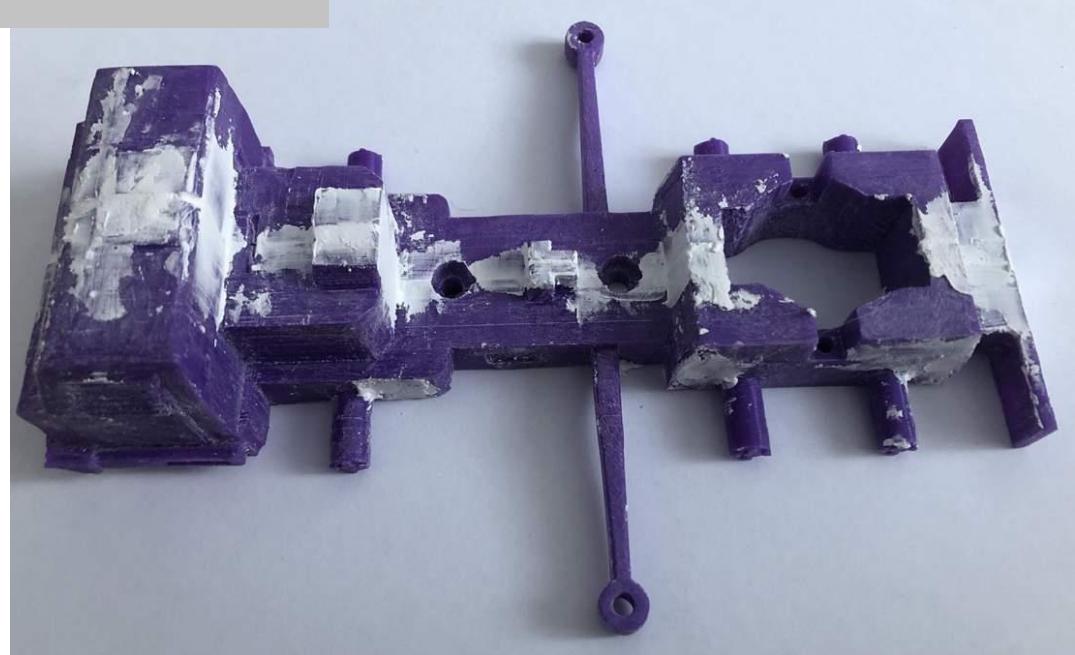
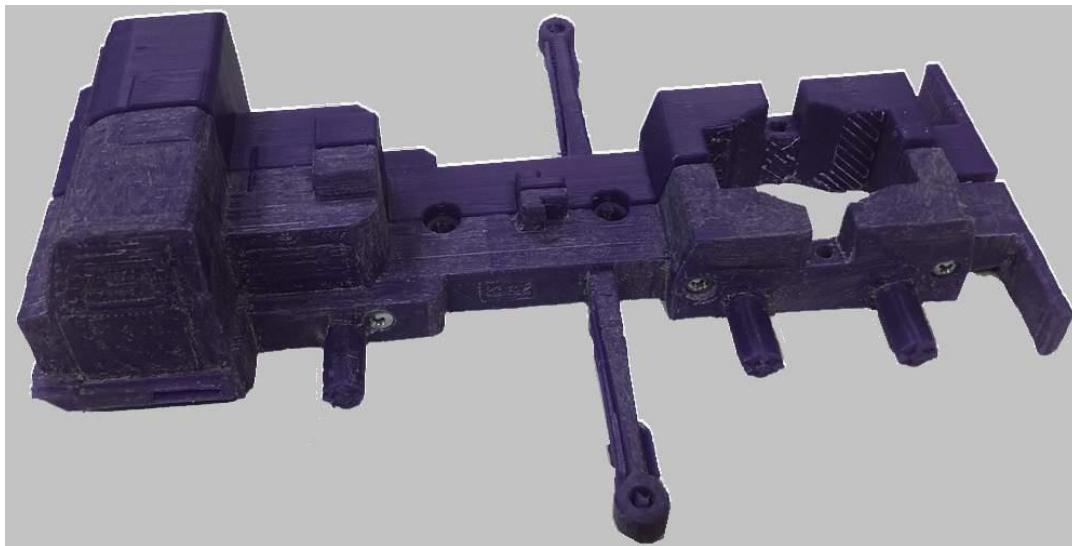
ПЕЧАТЬ КОРПУСА



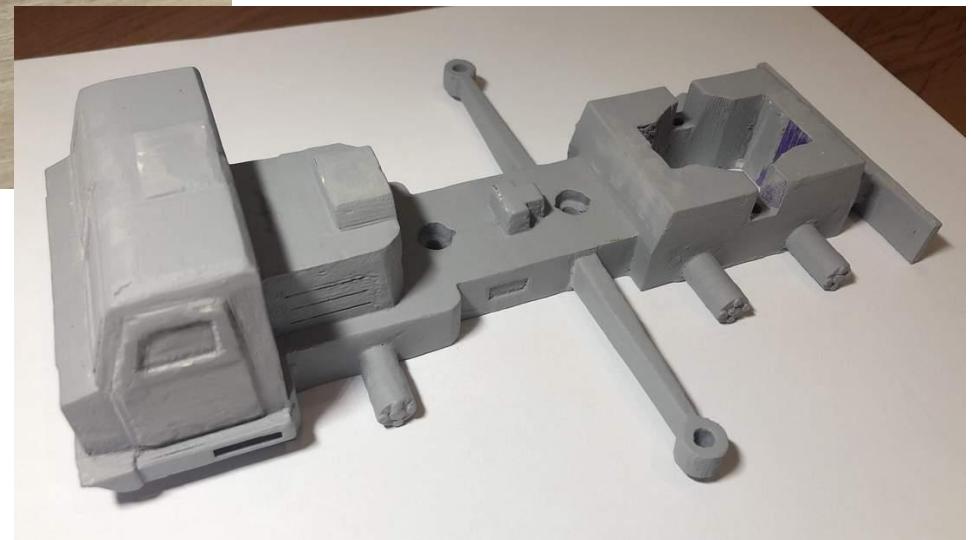
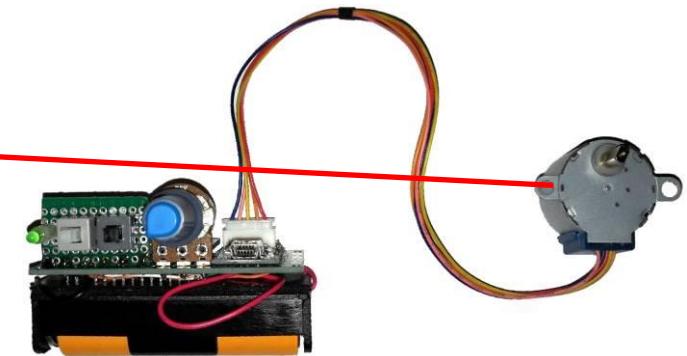
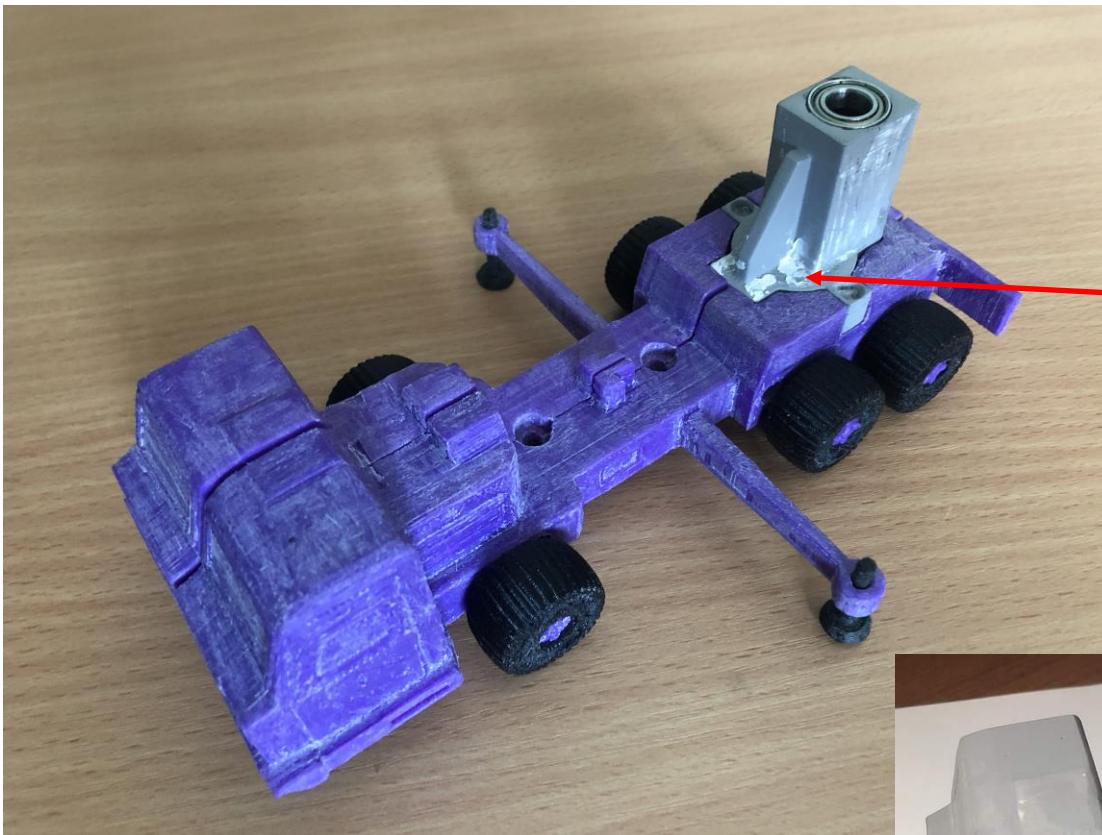
ПЕЧАТЬ КОРПУСА



СБОРКА КОРПУСА



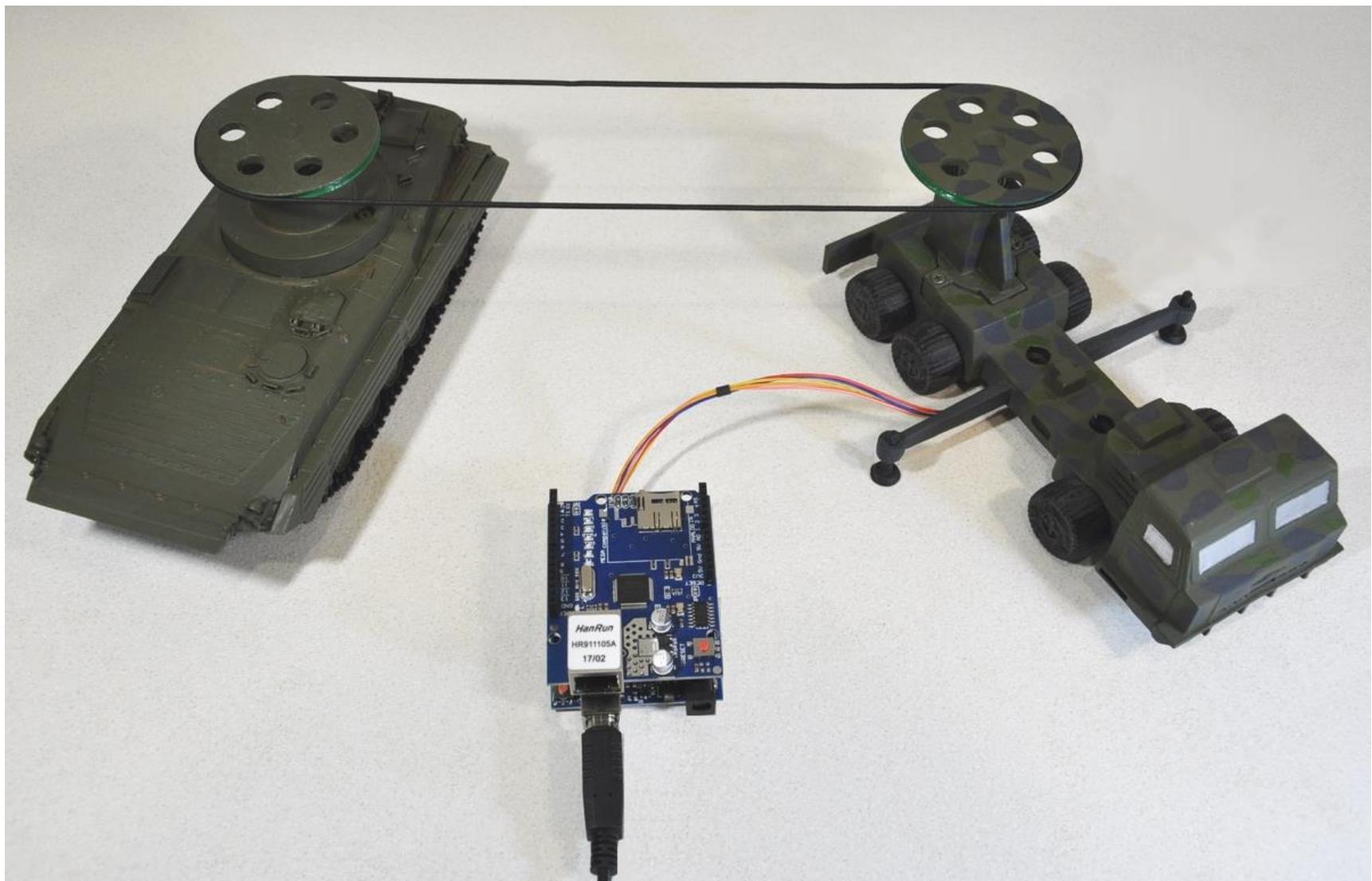
СБОРКА ЭЛЕМЕНТОВ



ДВА ШАССИ В СБОРЕ



ДВА ШАССИ В СБОРЕ



ДРУГИЕ ЭЛЕМЕНТЫ МАКЕТА



Спасибо за внимание!

Лагерев Игорь Александрович
E-mail: lagerev-bgu@yandex.ru





Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского»

ЗД-ПЕЧАТЬ

ПОДГОТОВКА МОДЕЛИ

**Материалы к лекционному занятию
по курсу повышения квалификации**

Брянск, 2021

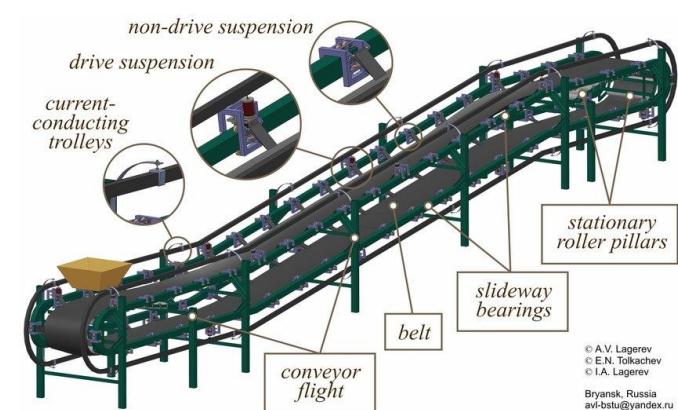
ИНФОРМАЦИЯ О ПРЕПОДАВАТЕЛЕ

Лагерев Игорь Александрович
доктор технических наук, профессор

Контактная информация

Телефон: 64-81-17, доб. 217

E-mail: lagerev-bgu@yandex.ru



СТРУКТУРА КУРСА

1 ЗАНЯТИЕ

Знакомство

Введение в САПР

Геометрическое моделирование

CAD-системы

Тестирование

2 ЗАНЯТИЕ

Работа в T-FLEX CAD

Работа в Компас-3D

Работа в SolidWorks

3 ЗАНЯТИЕ

Инженерные расчеты в CAE-системах

Основы инженерного метода конечных элементов

Построение конечноэлементных моделей

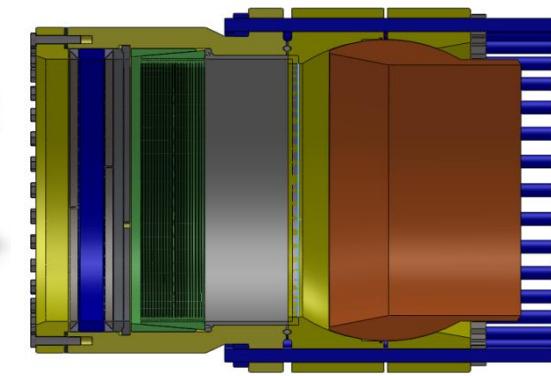
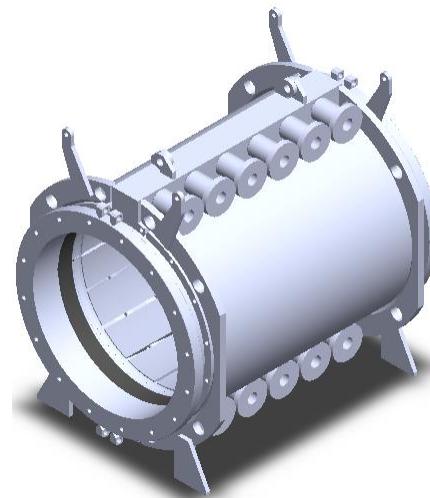
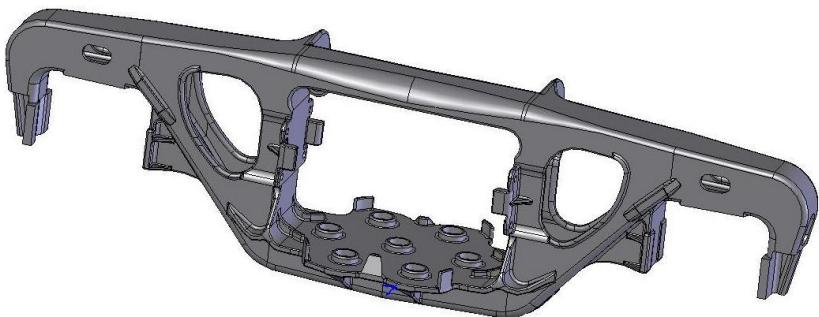
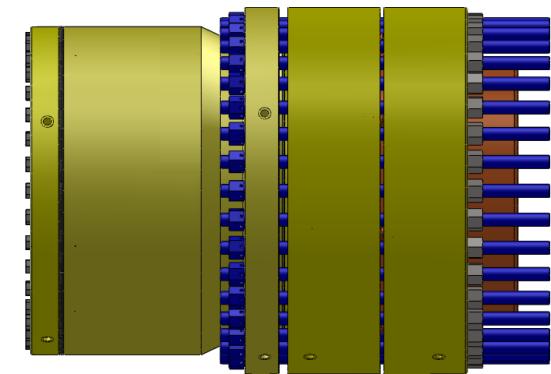
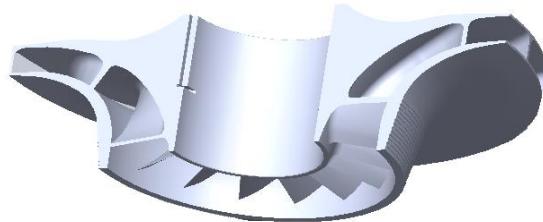
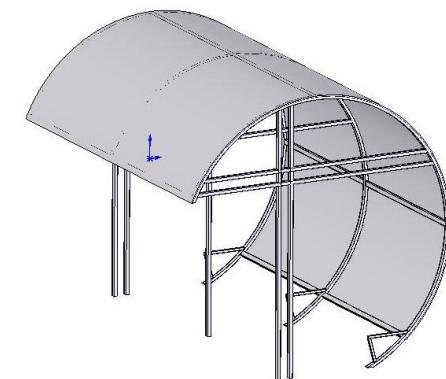
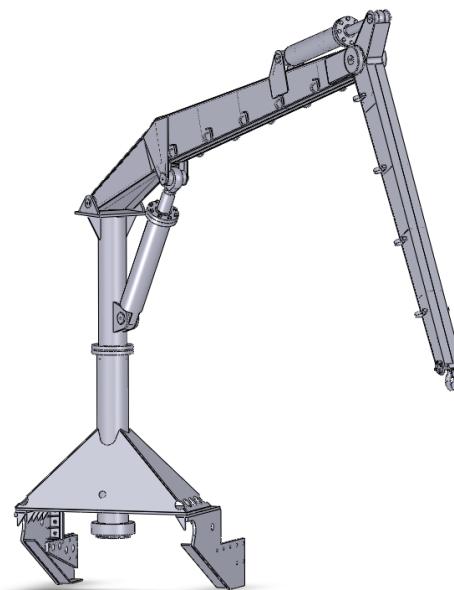
Расчеты в NX Nastran, MSC.Patrran, T-FLEX Анализ

4 ЗАНЯТИЕ

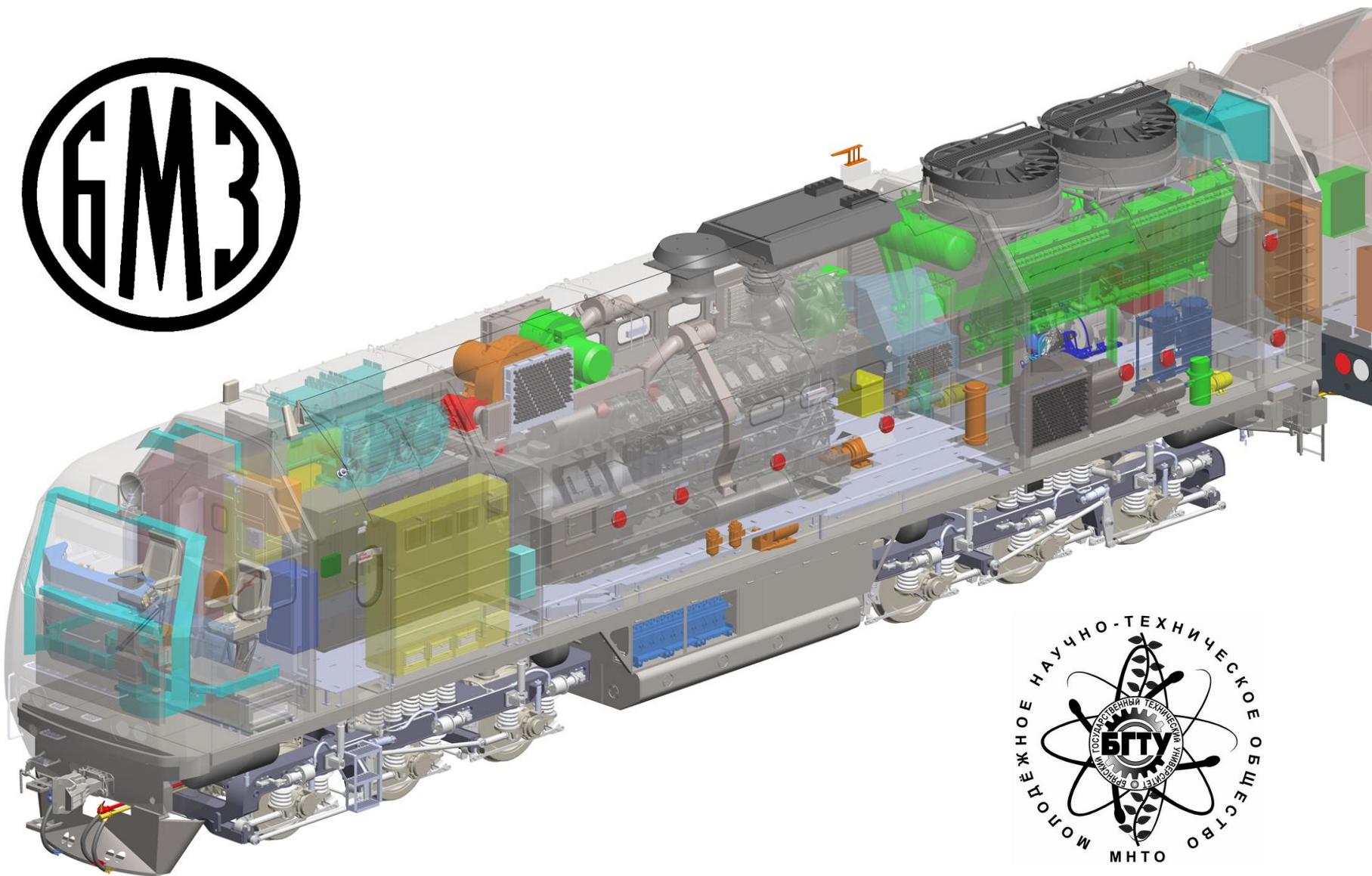
Практикум по САПР

Итоговый контроль

ПРИМЕРЫ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ



ВЫСОКОТОЧНЫЕ ТРЕХМЕРНЫЕ МОДЕЛИ



СКБ ТРАНСМАШ

УЧЕБНЫЕ ПЛАКАТЫ

ТРУБОПРОВОД МАСЛЯНОЙ СИСТЕМЫ

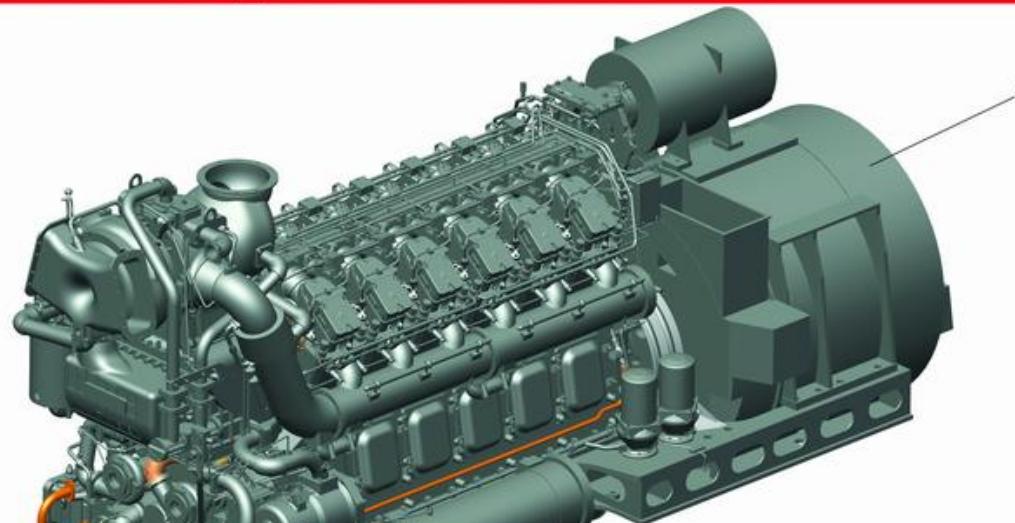
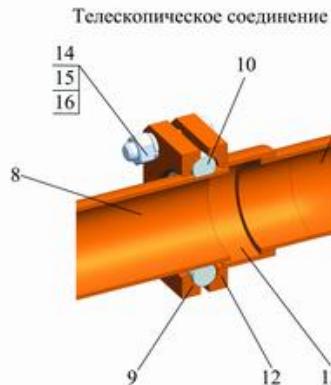
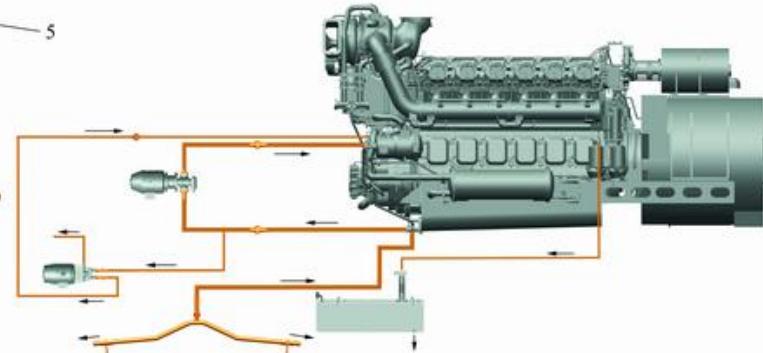


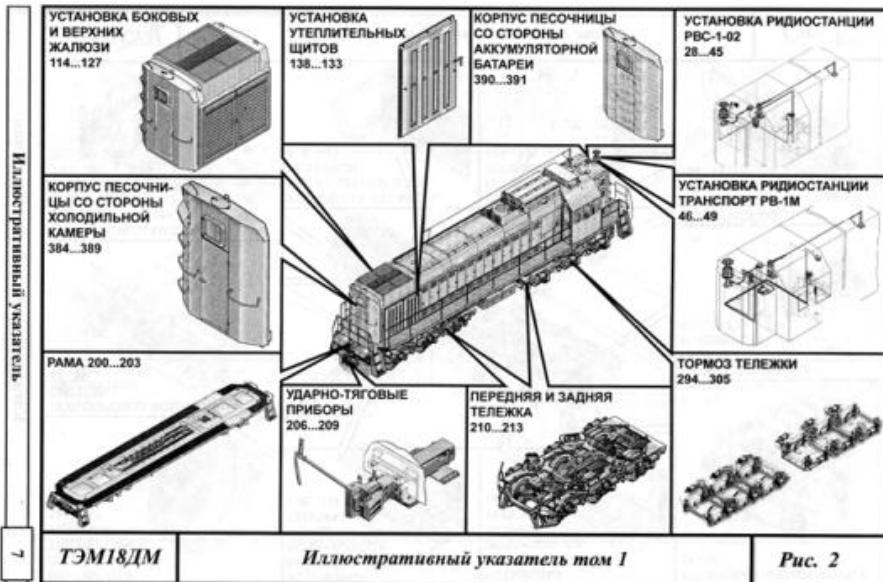
Схема масляной системы

1. Дизель-генератор
2. Маслопрока�ивающий насос
3. Циркуляционный масляный насос
4. Бак сбора утечек
5. Телескопическое соединение
6. Кран шаровый
7. Кран шаровый
8. Труба
9. Фланец подвижный
10. Кольцо уплотнительное
11. Труба
12. Фланец
13. Кольцо
14. Болт M12-6гх60.36 ГОСТ 7795-70
15. Гайка M12.6Н.6 ГОСТ 5915-70
16. Шайба 12.65Г ГОСТ 6402-70



ТЕПЛОВОЗ МАГИСТРАЛЬНЫЙ 2ТЭ25А "ВИТЯЗЬ"

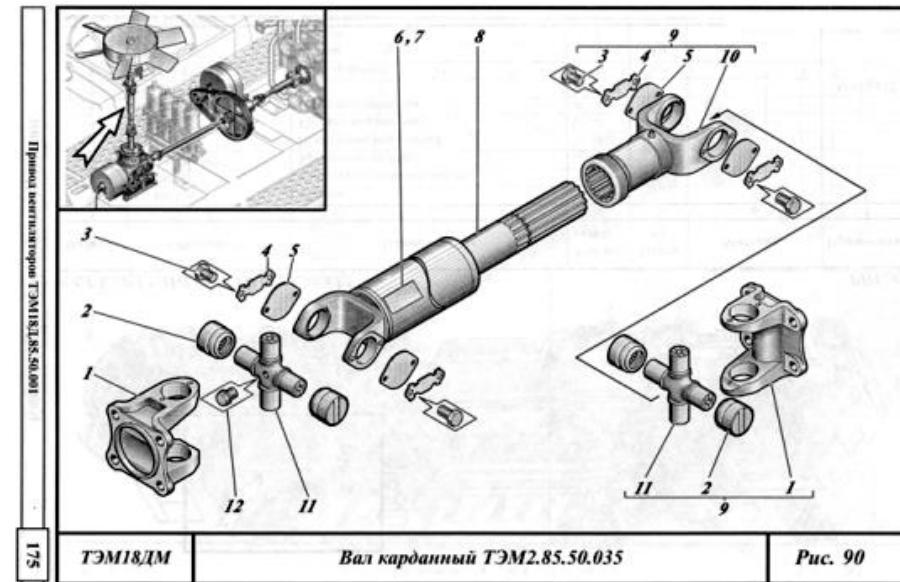
КАТАЛОГИ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ



© УИК-БОГДАНОВА, А. А., 2018, С. 109–110.

Иллюстративный указатель том I

Рис. 2



175

Вал карданный ТЭМ2.85.50.035

Puc. 90

МАЗ 500A - АвтоКаталог AutoSoft 20.0.105.20

Файл Вид Сервис Справка

Назад Вперед 63% Печать Корзина Экспорт Сообщение об ошибке

Марка / Индекс Группы Иллюстрация Поиск Закладки Прайс-листы

МАЗ 500A: Блок цилиндров ВАЗ 1118 "Калина" Окно

Список деталей

Наименование Номер

Фланец трубы салюна 236-1014270
Шайба зажимовая 312534-Р2
Штифт установочный 313410-Р2
Насос шестеренчатый в сборе 5371-10159205
Котел подогревателя в сборе ПДЖ-44-101501
Горелка подогревателя в сборе ПЛД-44-101510
Электромагнитный клапан в сборе ПЛД-600-10155
Насосный агрегат в сборе ПЛД400-10152
Свечи накаливания CH-65-00-000
1 Болт 201499-П29
2 Шайба 252136-Н2

3 Заглушка люка верхней крышки блок. 236-10022824
4 Крышка люка верхней крышки 236-10022824-1
5 Крышка блока вентиляции 236-1002266-1
6 Прокладка верхней крышки блока 236-1002258-1
7 Шпилька крепления пластины 216233-0128
8 Шпилька крепления крышки 216262-0129
9 Прокладка крышки шестерен распределения 236-1002266
10 Шпилька крепления крышки 216344-П29

Позиций: 57

252136-Н2
Шайба

Цена: -

4 4 4

Двигатель / Двигатель / Блок цилиндров

Рис. 6. Блок цилиндров.

Примечание: поз. 16—18 — см. в подгруппе 1005; поз. 23—27 — см. в подгруппе 1004; поз. 15 — см. в подгруппе 1308; поз. 19 — см. в подгруппе 1307-А; поз. 24 — см. в подгруппе 1009; поз. 7 — см. в подгруппе 3701

EN 20.11.2008 11:47

Pratapapdo - TENINDEX.HTM

File Edit Search Drawing Administration Window ?

ENINDEX.HTM

Release Date: 05/11/2010

Legal Notice

What's Changed

Vehicle Spec Sheets

Trailer Axles

Air Suspension

- BPW
- Fruehauf
- Hendrickson / York
- Mentor
- SAF

AR 414 Series

AR 414 Series

AR 415 Series

IO & IIO Intradriv Plus / Intraax

PO & PU Intradriv

XO & XU Intradriv

SMB

VA Series

• SA Series

ZA Series

Trailer

Wrecker

U-Bolts, Nuts & Washers

Trailing Arms

Pivot Bolts, Nuts & Washers

Check Cables

Search

Air Suspension

SAF

AR 414 Series • Parts List

Click on image to enlarge

Item	Description
2	Spot flange
3	Bolt assembly (inc. bolt / nut / washer)
3a	Nut
4	Thrust plate
5	Spacer
9	Trailing arm 38/38
10	Bolt (HD)
11	Plate
9	Lock plate
10	Spring seat 127mm
11	Spring seat 146mm
11	U-Bolt assembly 127mm
11	U-Bolt assembly 133mm
11	U-Bolt assembly 145mm
11A	Bolt
11B	Washer
13	Shock absorber
19	Plate 240 x 8mm, offset 30mm
20	Air bag
20	Hose
22	Screw
23	Washer

-- Диагностическое окно веб-страницы

Part Number	Description	Quantity
3228.0007.02	8880737	✓
3228.0003.00	8883691	✓
4.343.2037.00	8881258	✓
4.141.0003.00	8881101	✓

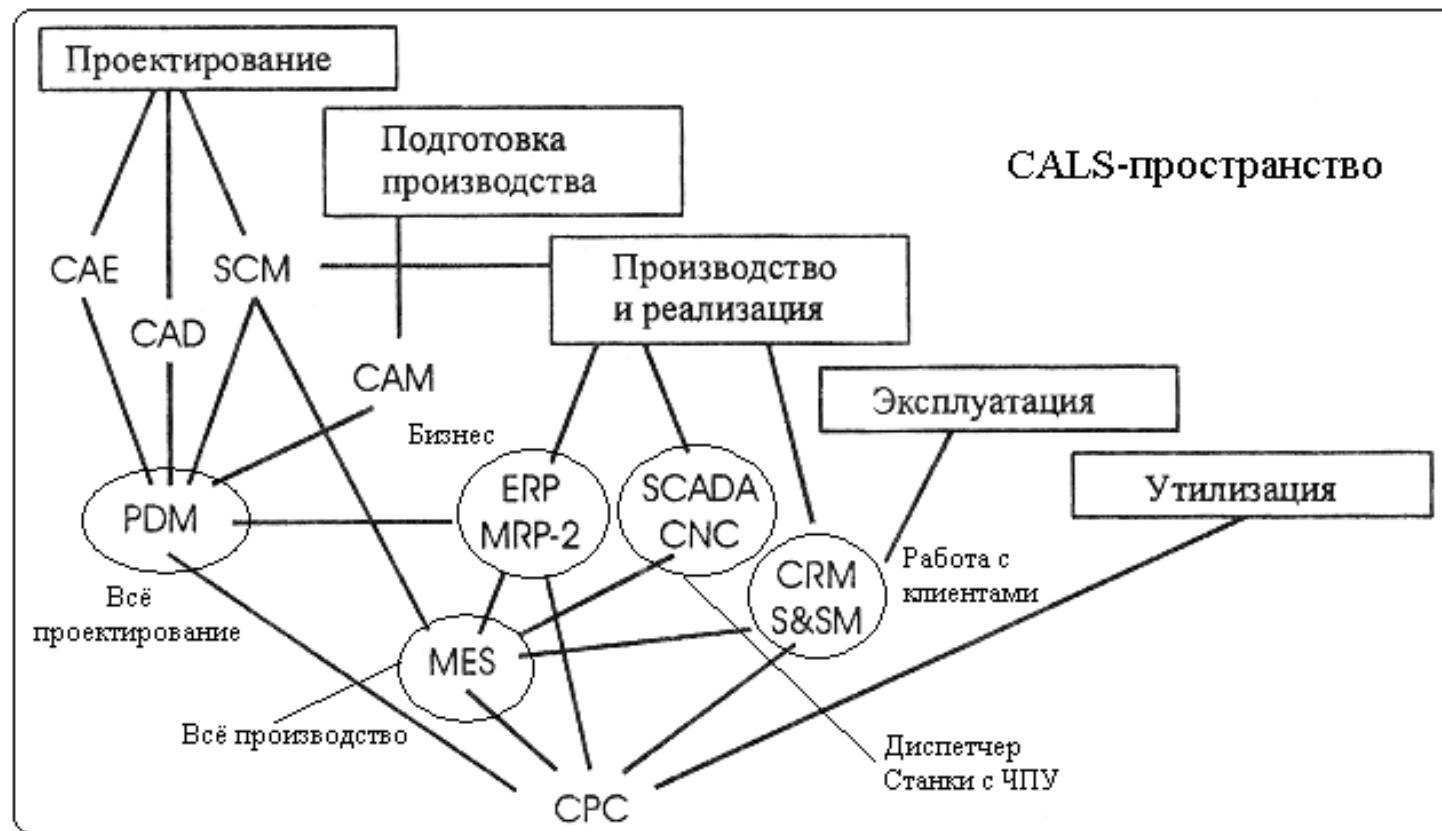
© 2008 DAF Trucks N.V. Eindhoven, The Netherlands

Ready

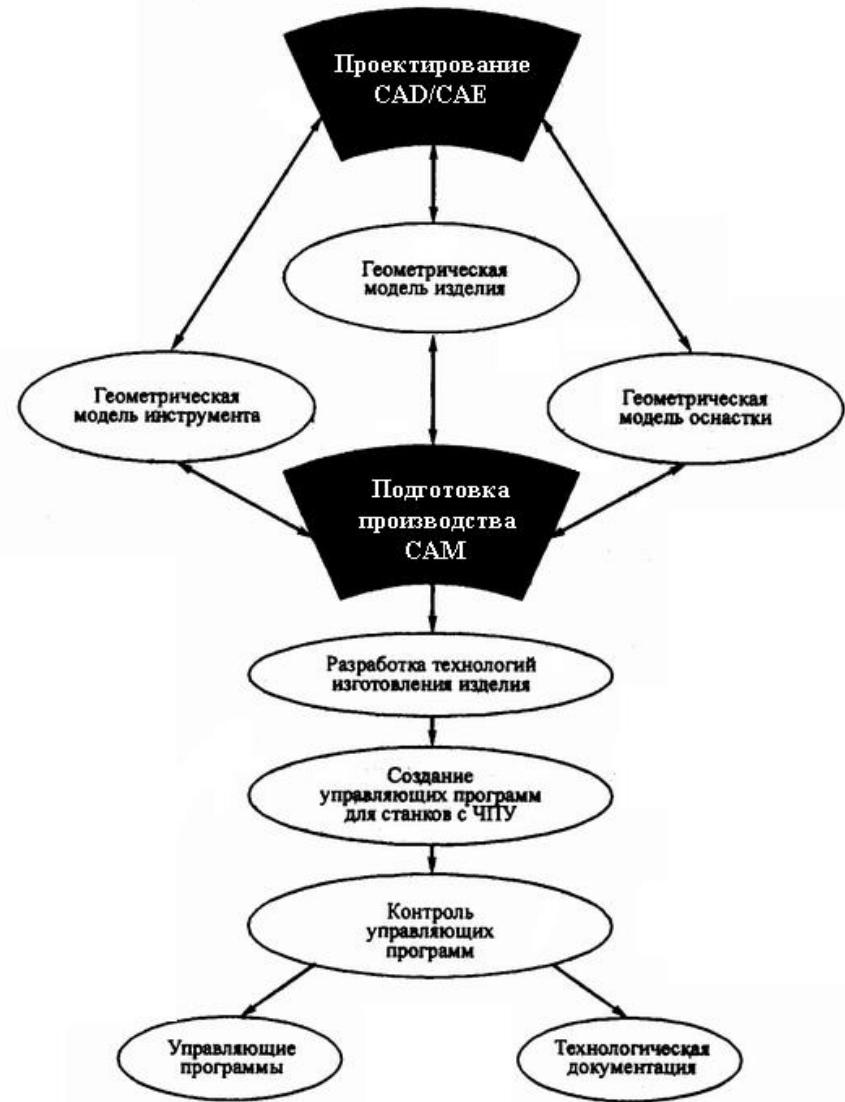
TRP

NUM

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ОБЪЕКТА И САПР



ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА

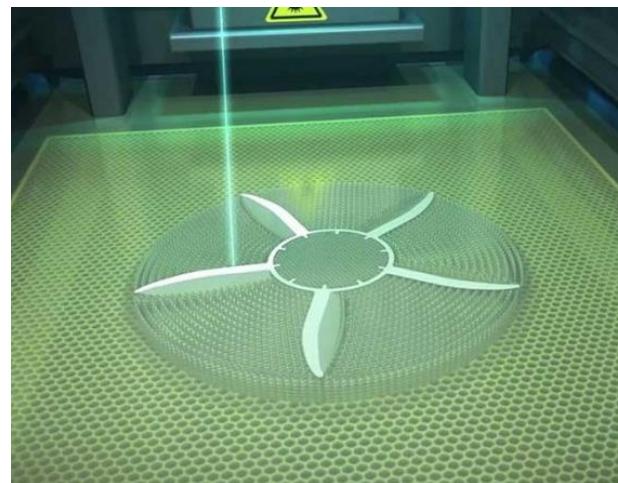


БЫСТРОЕ ПРОТОТИПИРОВАНИЕ

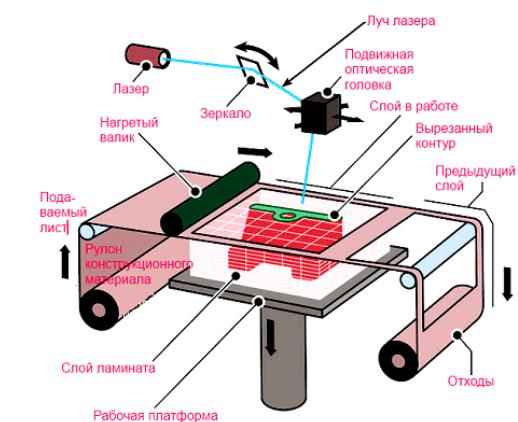
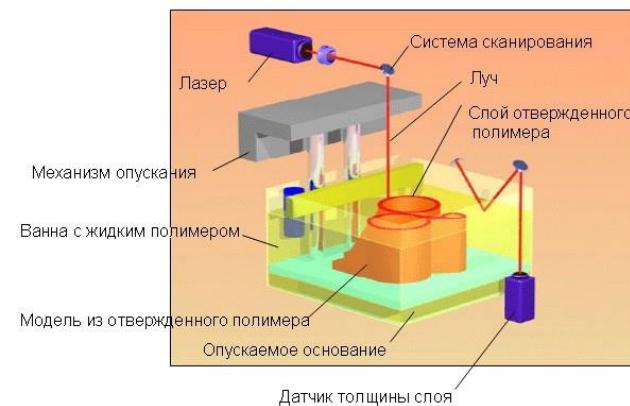
3D-печать

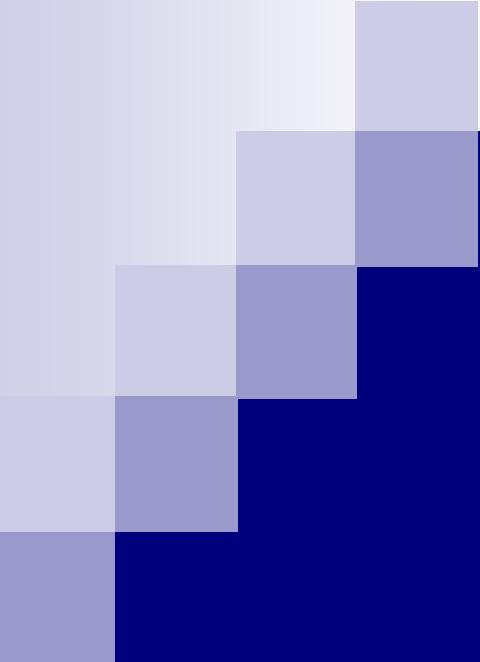


Стереолитография



ЛОМ технология





ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ CAD

СОВРЕМЕННЫЕ САПР (В МАШИНОСТРОЕНИИ)

САПР верхнего уровня («Тяжелые») – решают все проектные задачи на различных этапах проектирования (жизненного цикла)



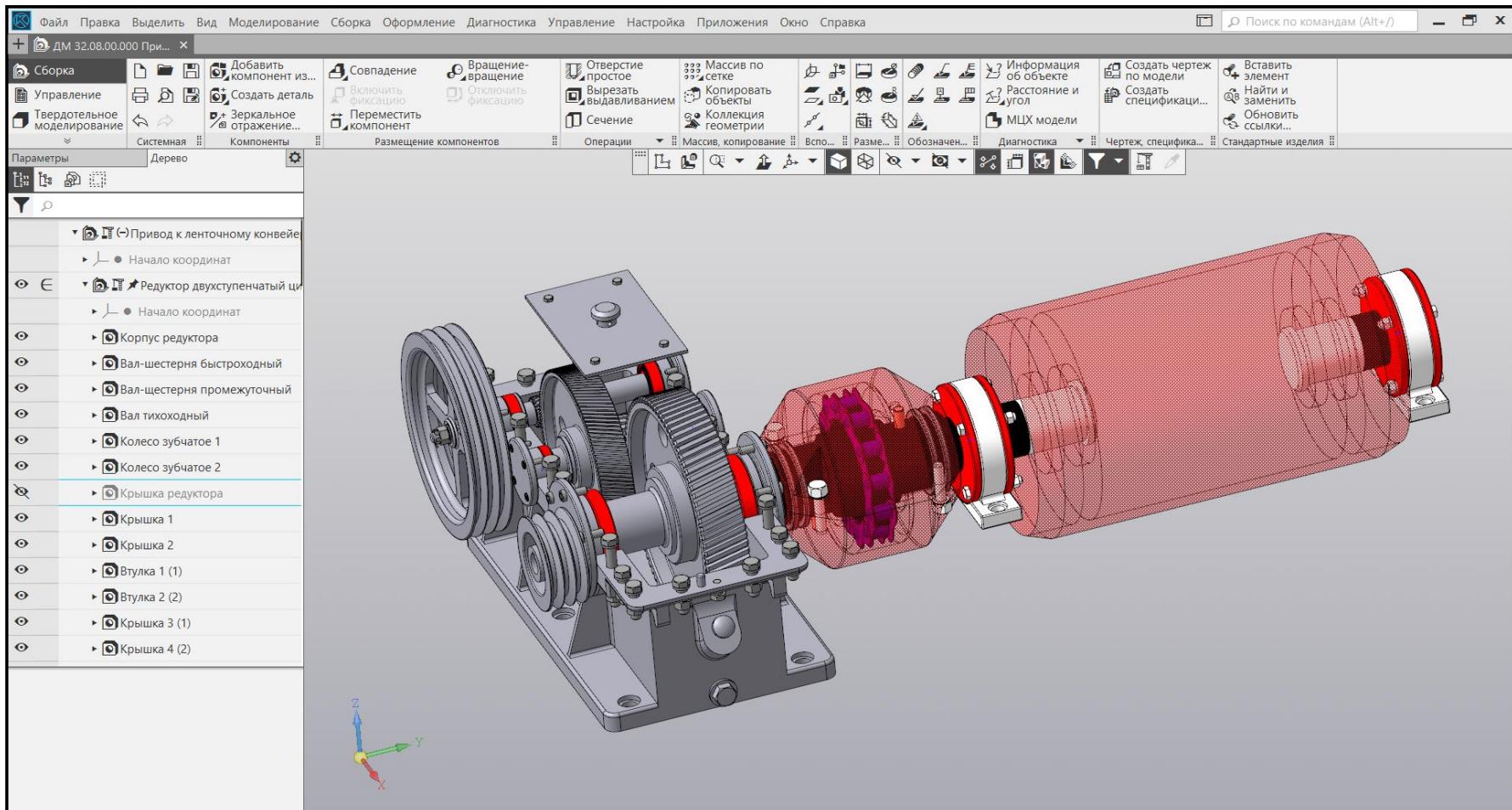
САПР среднего уровня («Средние») – решают ряд проектных задач



САПР нижнего уровня («Легкие») – решают одну проектную задачу

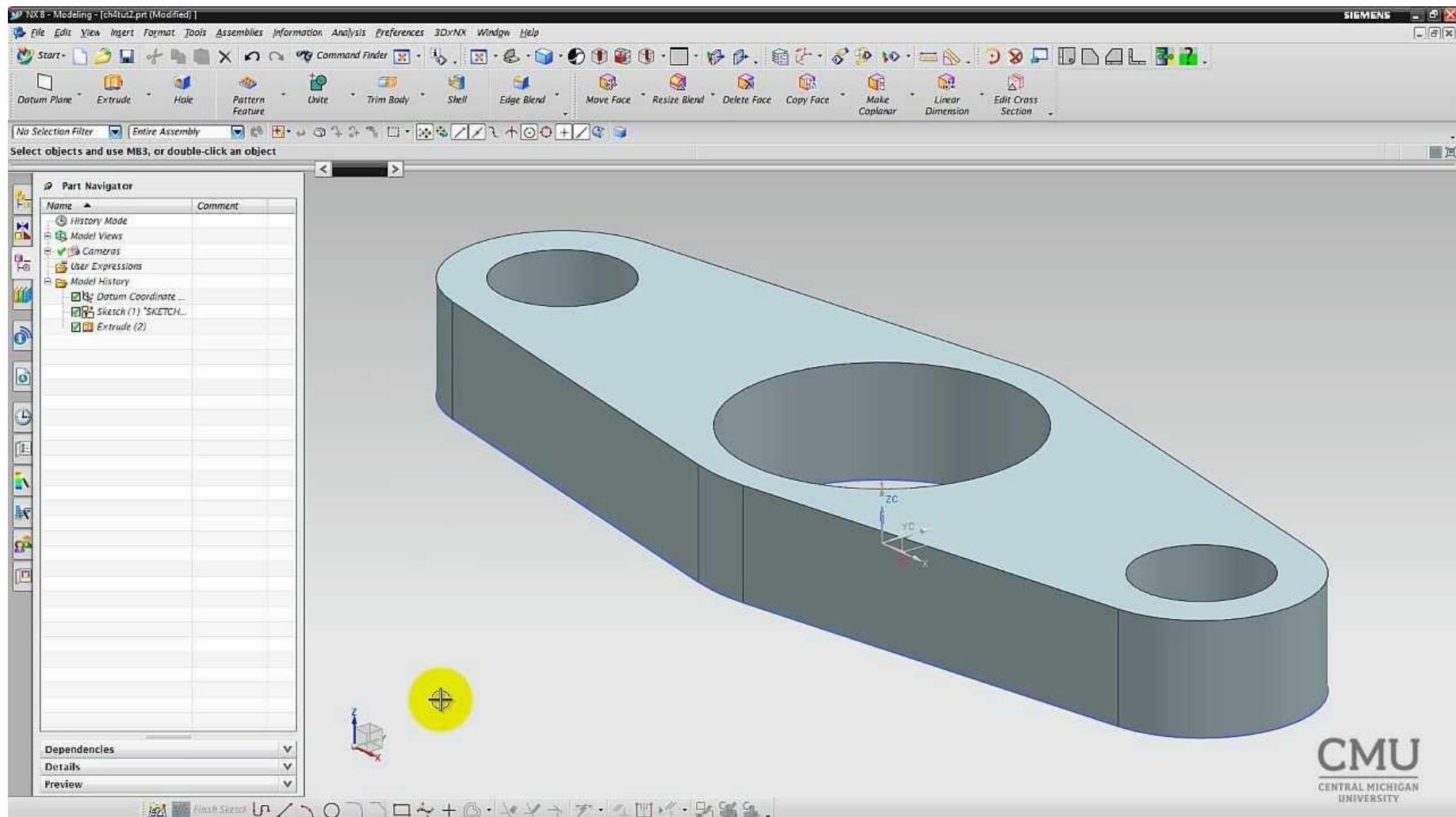


ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС КОМПАС-3D



Разработчик: АСКОН (Россия)

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС NX

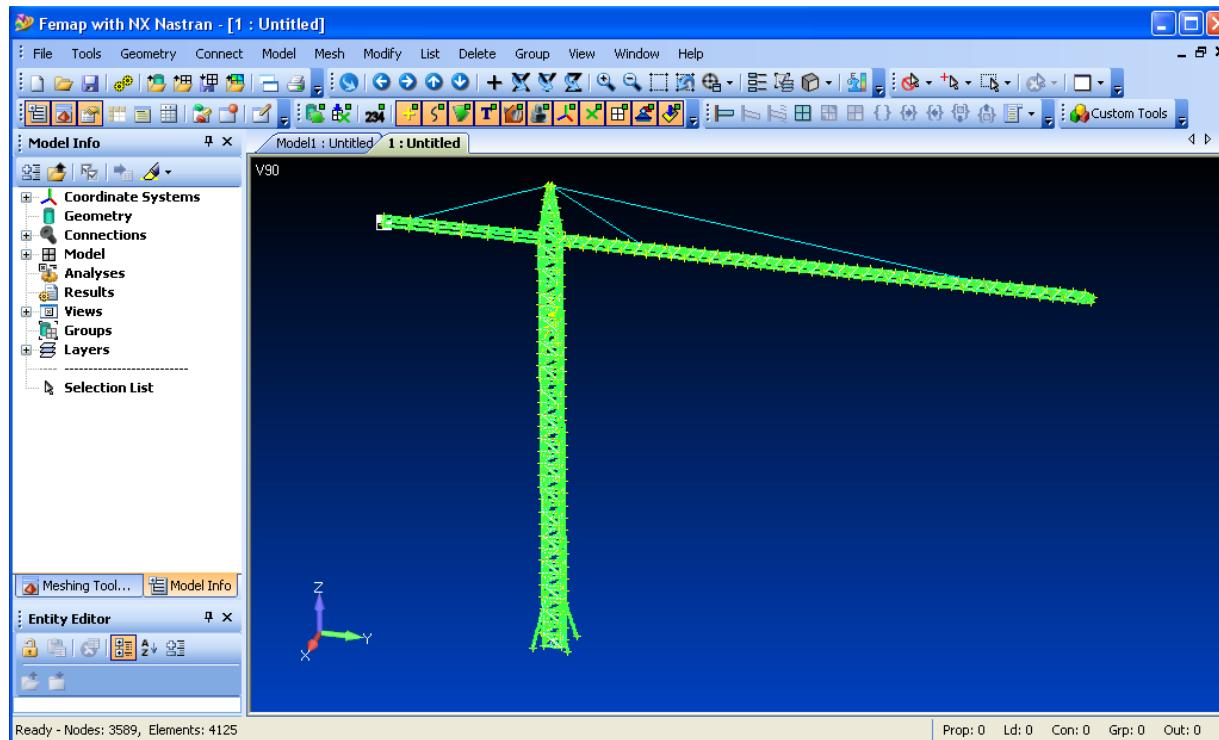
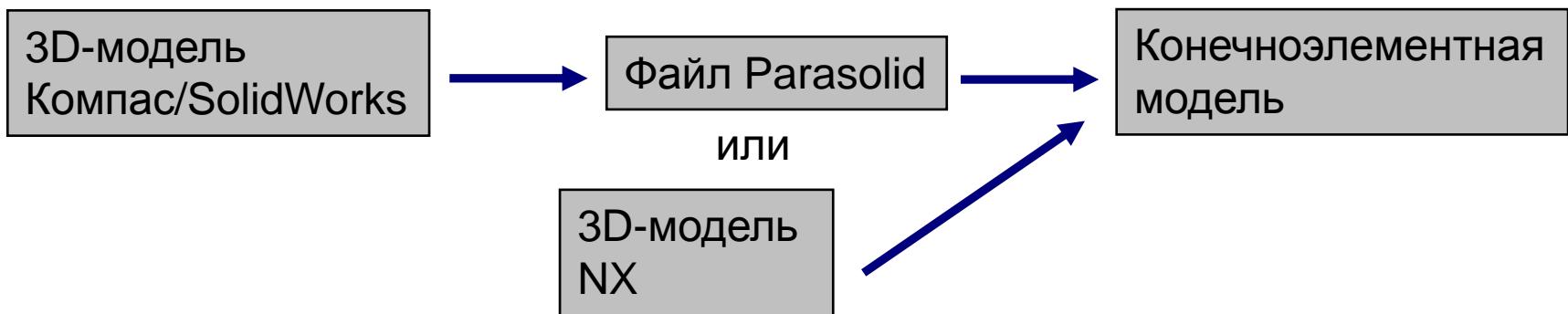


CMU
CENTRAL MICHIGAN
UNIVERSITY

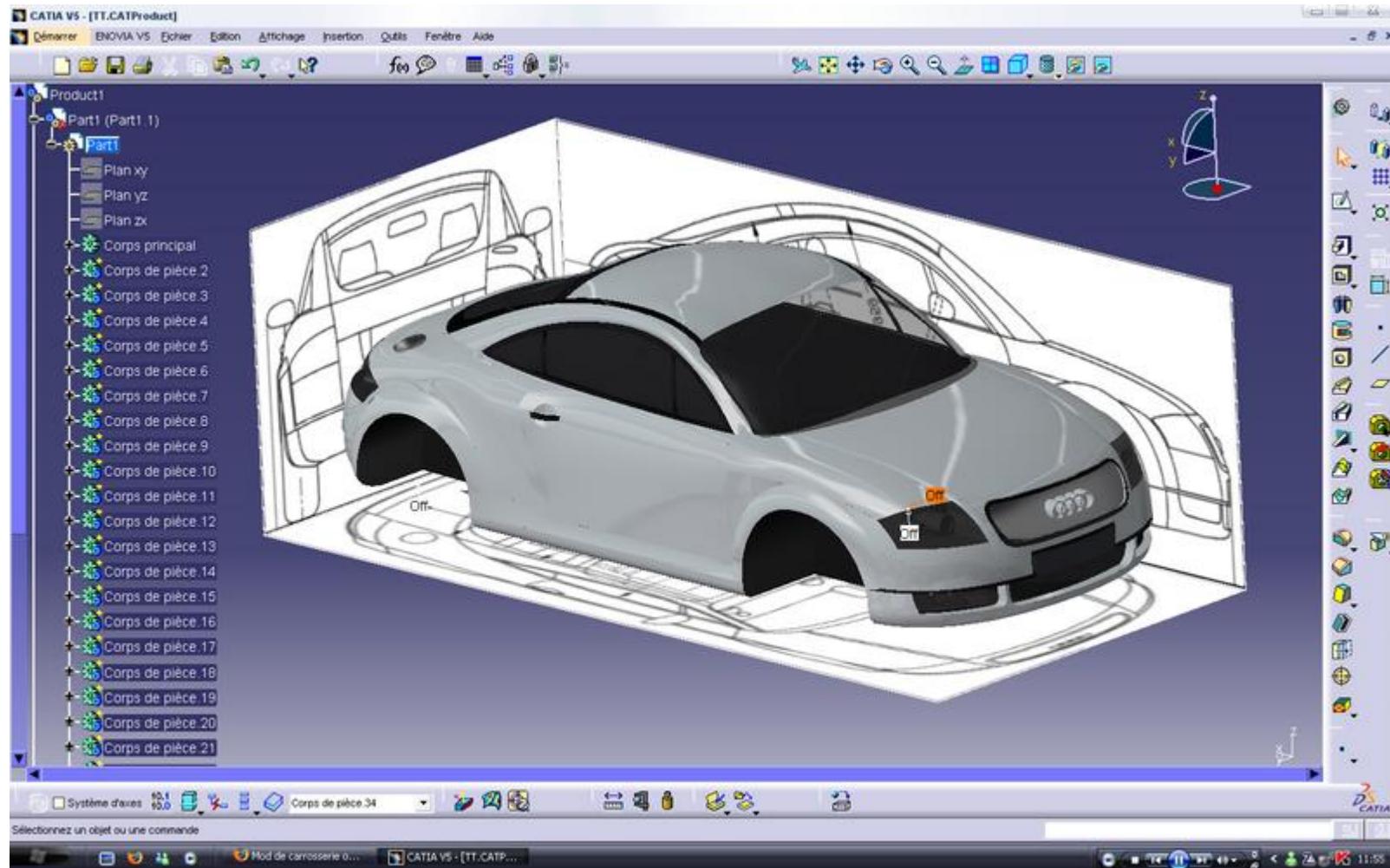
Разработчик: Siemens PLM Software (ФРГ)

Используется для систем с высокой плотностью компоновки деталей (авиация, энергетическое машиностроение, автомобилестроение и т.д.)

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС NX



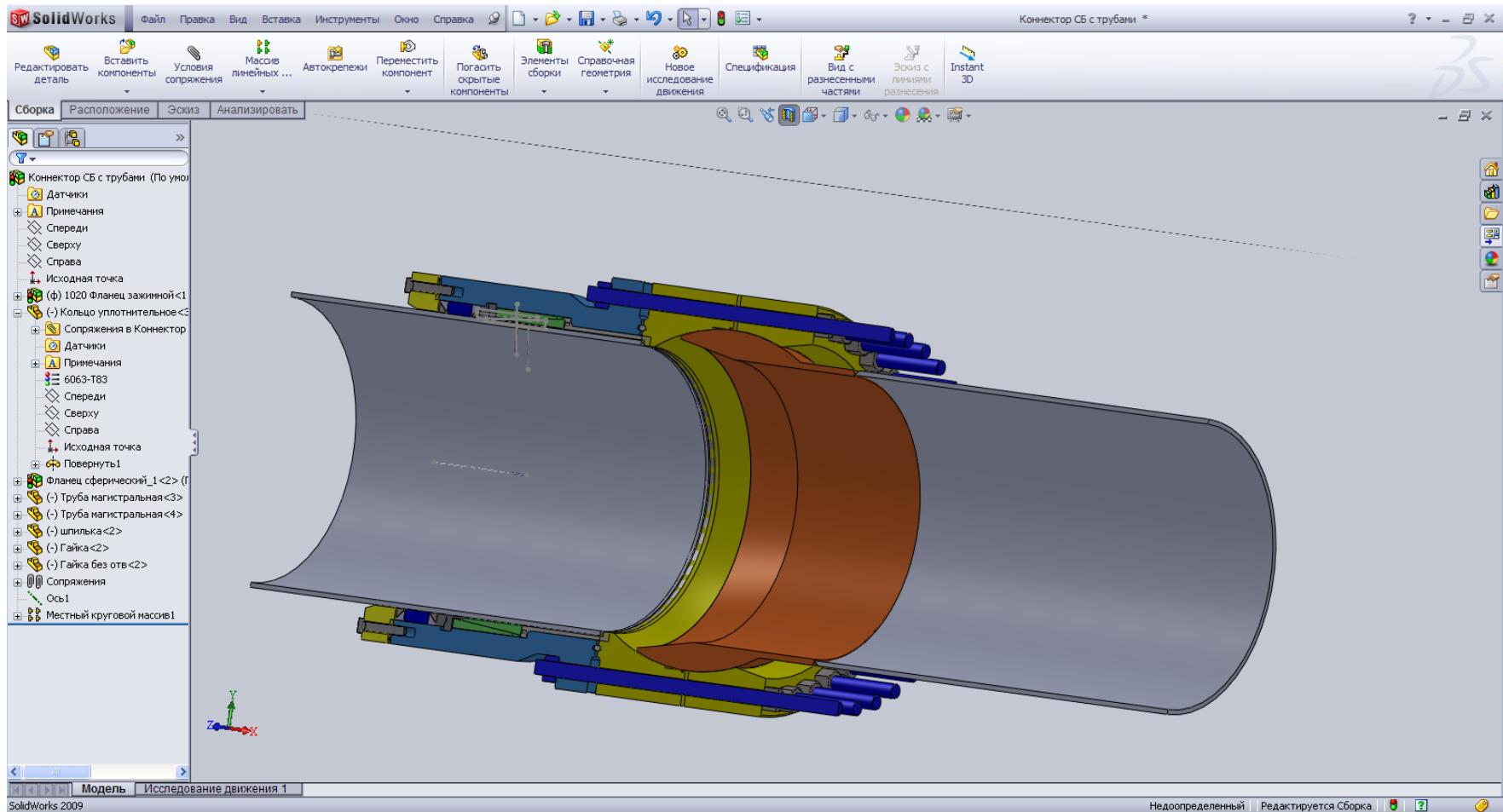
ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС CATIA



Разработчик: Dassault Systèmes (Франция)

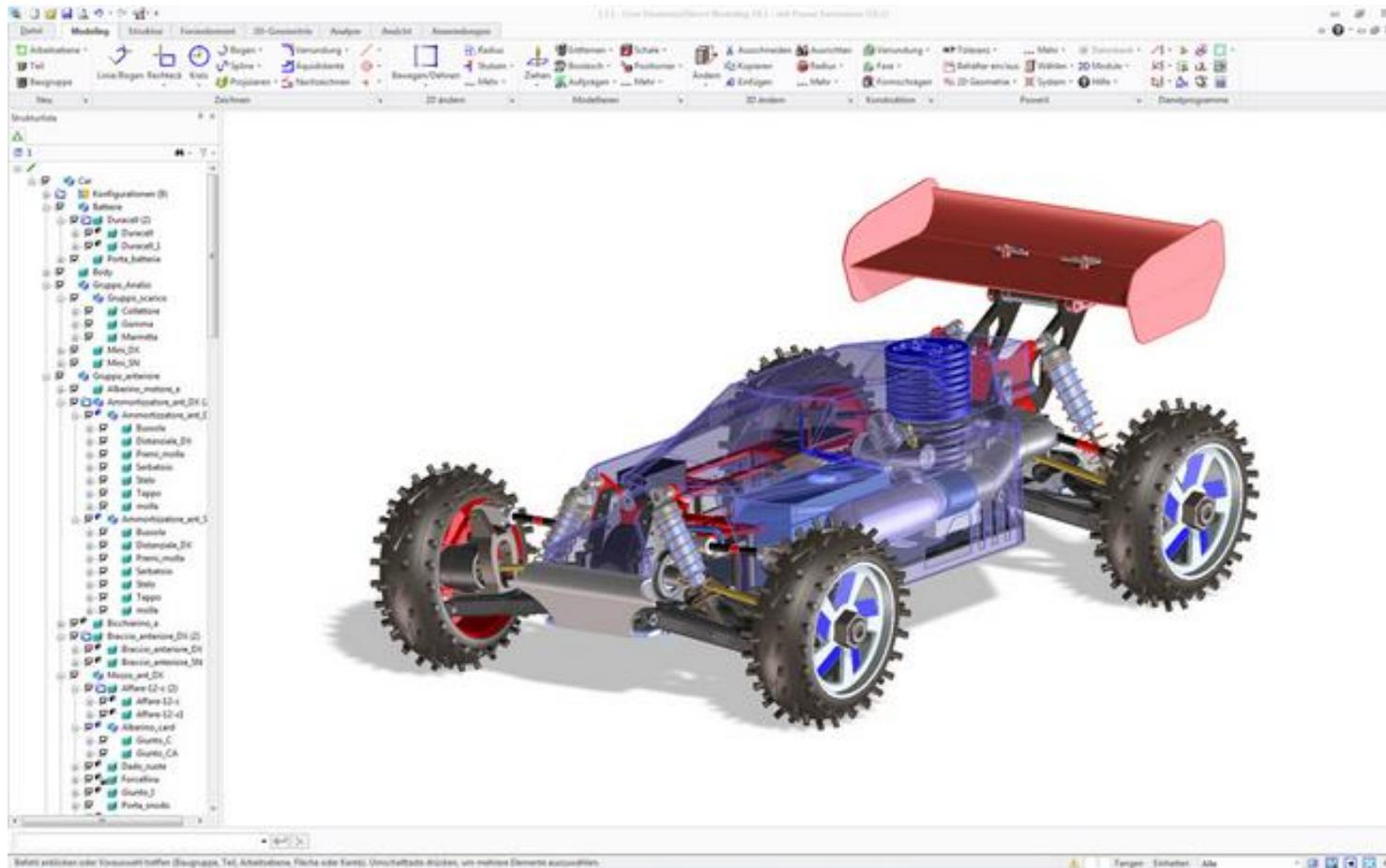
Широко используется в авиации, аэрокосмическом машиностроении

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС SOLIDWORKS



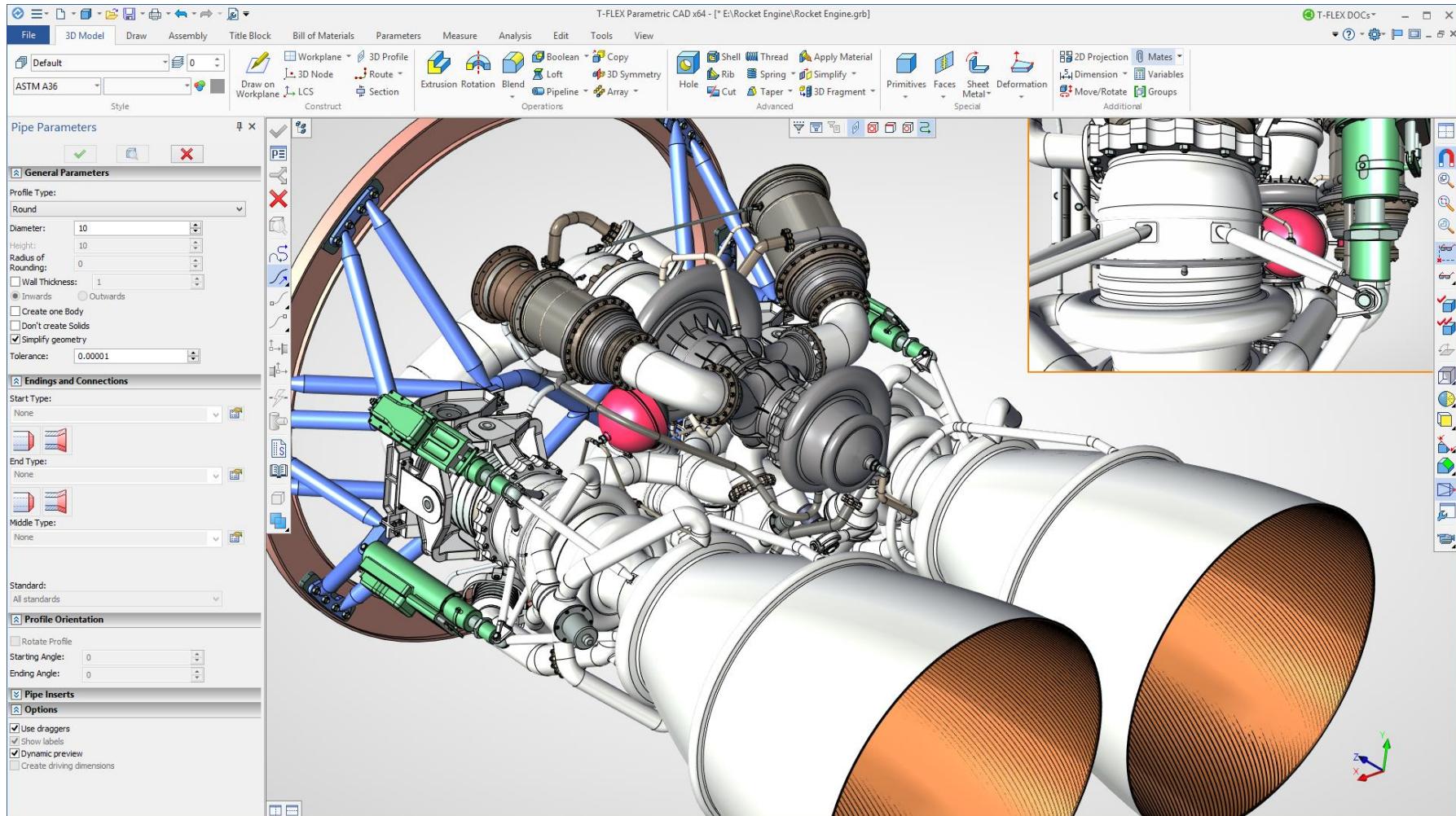
Разработчик: Dassault Systèmes (Франция)

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС Creo Elements/Pro (ProEngineer)



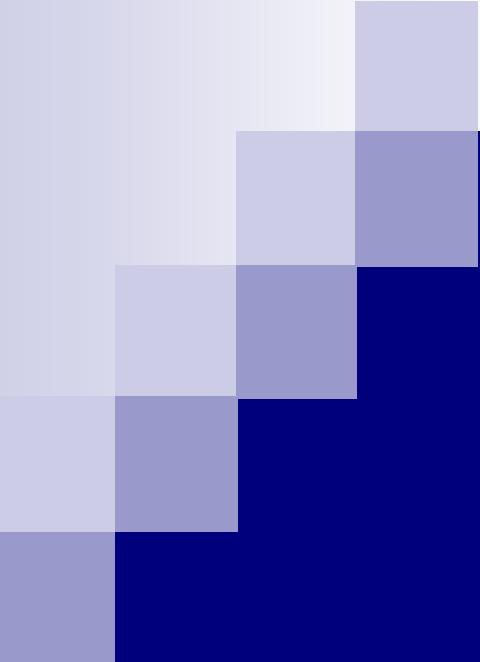
Разработчик: РТМ (США)

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС T-FLEX



Разработчик: Топ Системы (Россия)

Вывод: все CAD-системы внешне похожи. Почему?



ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ЯДРА CAD-СИСТЕМ

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ЯДРО

Геометрическое ядро (ядро геометрического моделирования) - это программное обеспечение, которое встраивается в САПР его производителем и позволяет инженеру создавать двумерные и трехмерные геометрические модели, а также редактировать их. Геометрическое ядро позволяет точно описывать форму моделируемого объекта и взаимосвязи элементов геометрической модели.

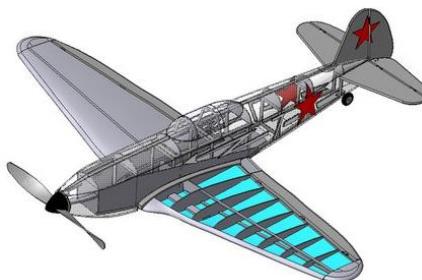
Способ описания модели:

- Для описания формы модели, как правило, используется граничное представление геометрии (но может и полигональное).
- Из набора простых геометрических моделей могут формироваться более сложные модели (сборки) при помощи геометрического решателя.
- Дополнительно в геометрическую модель включают историю её построения, хранящую способы и последовательность построения модели, а элементы геометрической модели наделяют атрибутами (материал, цвет и т.д.).

Наиболее распространенные геометрические ядра:

- Parasolid (Siemens PLM Software, ФРГ) - NX, SolidWorks, T-Flex, Patran, Femap, ANSYS
- ACIS (Spatial (Dassault Systèmes), США) – ADEM
- Open CASCADE Technology (ОССТ) (OPEN CASCADE S.A.S, Франция)
- GRANITE (PTS, США) – PRO/Engineer
- C3D Modeler (C3D Labs (АСКОН), Россия) – Компас
- Российское геометрическое ядро (РГЯ), часть проекта "Гербарий" (Россия)

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ЯДРО



Языки программирования
Библиотеки функций

$$\rightarrow f(x, y, z)$$

С точки зрения программиста **геометрическое ядро** — это библиотека функций/классов для создания **геометрических объектов** (точка, отрезок/дуга/кривая, кусок поверхности, твердое тело), изменения их **форм и размеров**, создания на их основе новых объектов, **визуализации** модели на экране компьютера и обмена **трехмерными данными** с другими программами



НАИБОЛЕЕ ВАЖНАЯ ЧАСТЬ CAD-СИСТЕМЫ

$$\begin{cases} x^2 + y^2 - 2z^2 = 6; \\ x + y - z = 3. \end{cases}$$

$$\vec{b} = \vec{a} \times \vec{N} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 3 & 0 & 3 \\ 1 & 1 & -1 \end{vmatrix} = -3\vec{i} + 6\vec{j} + 3\vec{k}$$

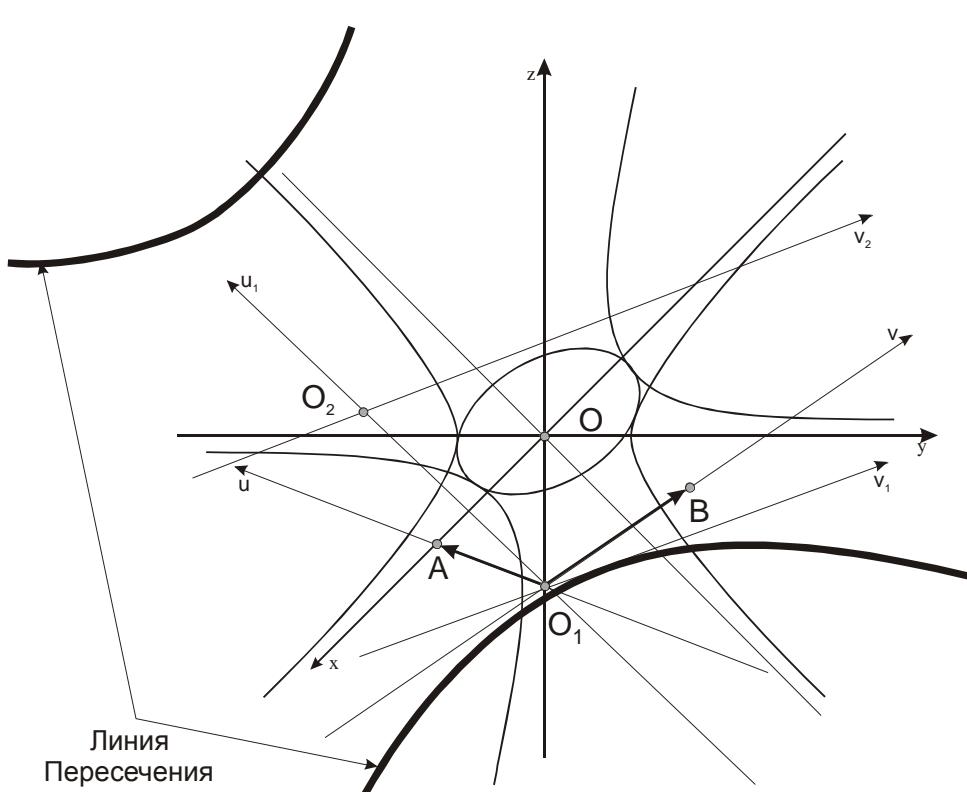
$$\begin{cases} x - 0 = \frac{\sqrt{3}u - v}{\sqrt{6}}; \\ y - 0 = \frac{2v}{\sqrt{6}}; \\ z + 3 = \frac{\sqrt{3}u + v}{\sqrt{6}}; \end{cases}$$

$$\left(\frac{\sqrt{3}u - v}{\sqrt{6}}\right)^2 + \left(\frac{2v}{\sqrt{6}}\right)^2 - 2 \times \left(\frac{\sqrt{3}u + v - 3\sqrt{6}}{\sqrt{6}}\right)^2 = 6;$$

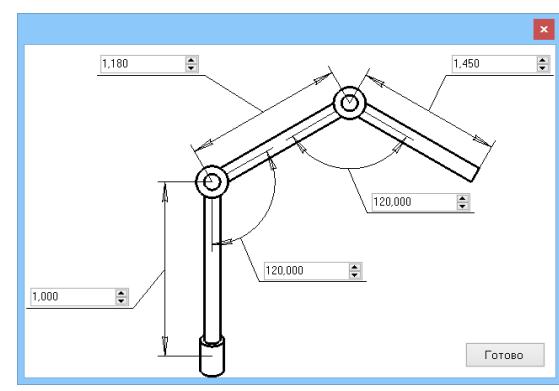
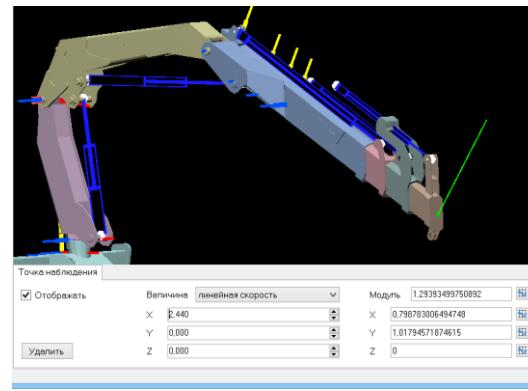
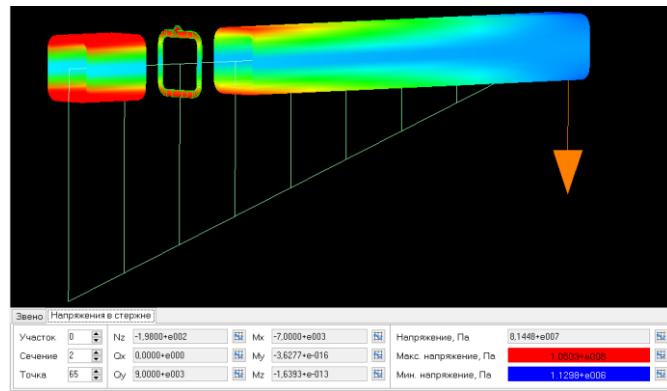
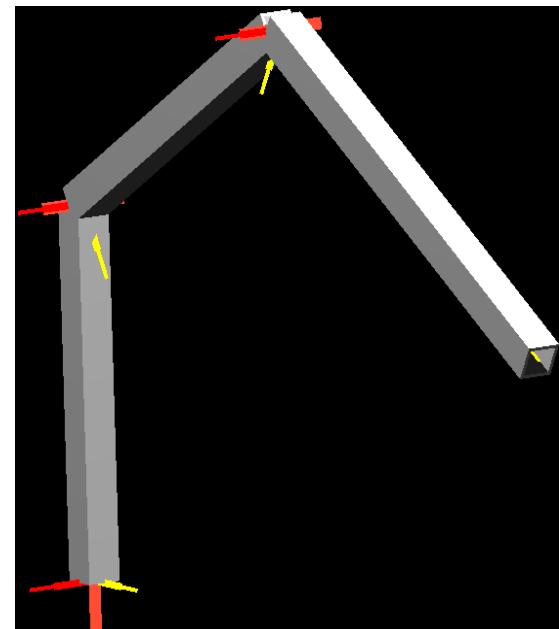
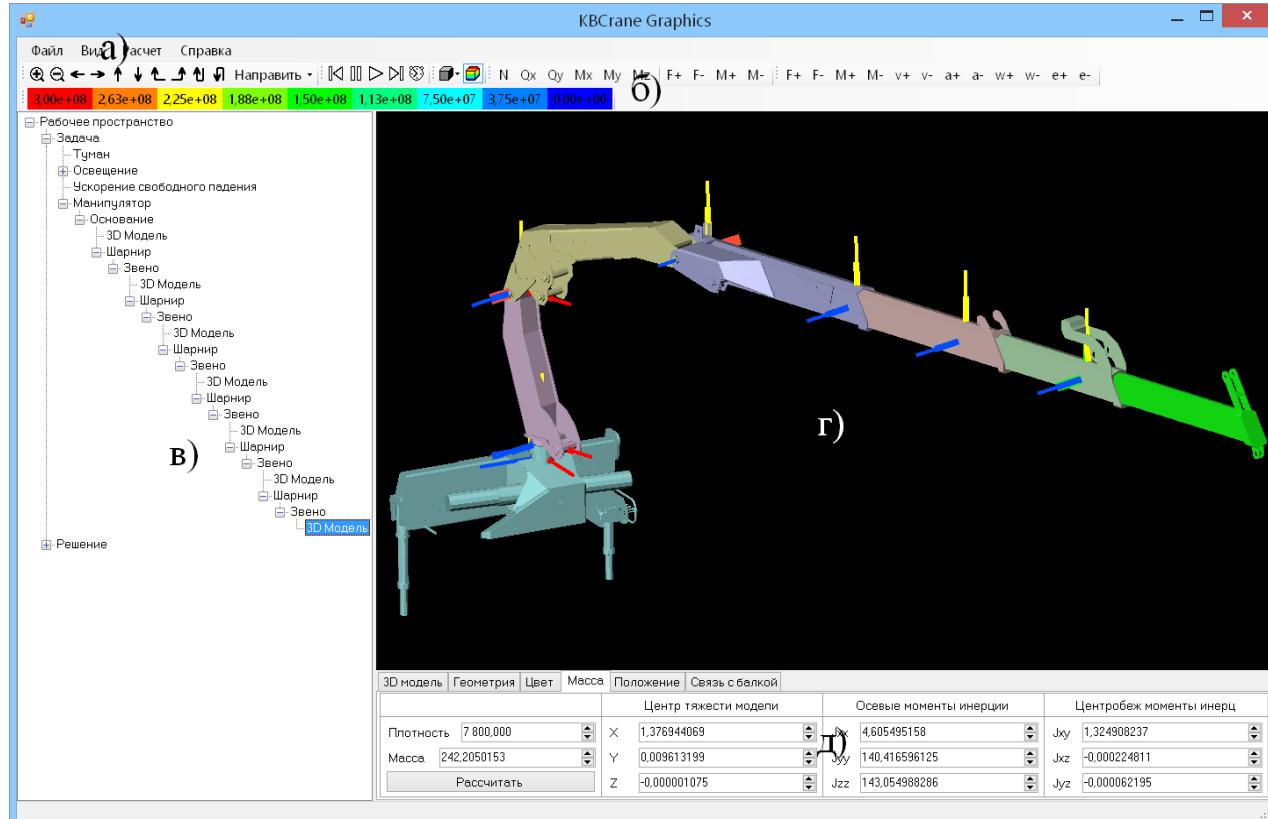
$$(\sqrt{3}u - v)^2 + (2v)^2 - 2 \times (\sqrt{3}u + v - 3\sqrt{6})^2 = 36;$$

$$-3u^2 - 6\sqrt{3}uv + 3v^2 + 12\sqrt{18}u + 12\sqrt{6}v - 144 = 0;$$

$$a = b = 2\sqrt{6}$$



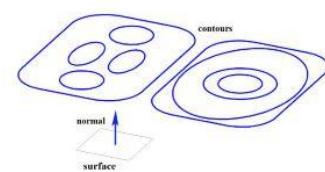
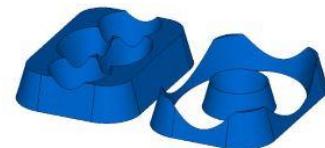
НАИБОЛЕЕ ВАЖНАЯ ЧАСТЬ САД-СИСТЕМЫ



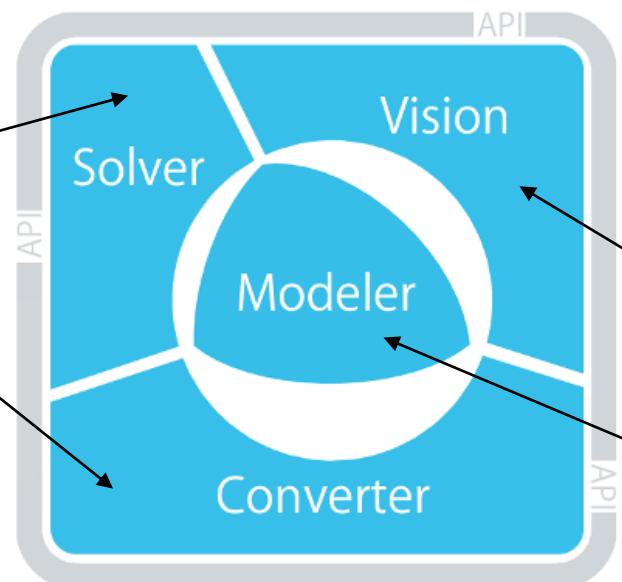
ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ЯДРО C3D MODELER

Параметризация
и ее влияние
на модель

Импорт моделей
других форматов



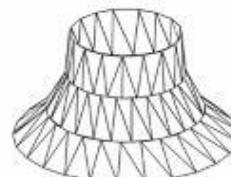
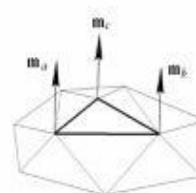
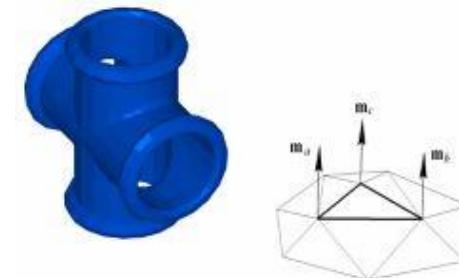
Границочное представление



C3D Labs

Отрисовка
геометрии

Построение модели, расчёт
триангуляции, построение
плоских проекций,
вычисление массово-
центровочных характеристик
и определение столкновений
элементов модели



Полигональное представление
(триангуляция)

Методы построения моделей:

- твердотельное моделирование
- поверхностное моделирование
- каркасное моделирование
- прямое моделирование
- мод. тел из листового металла
- гибридное моделирование

РОССИЙСКОЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ЯДРО

Структура ИИПП



Прикладные модули ИПО
CAD
Конструкторская подготовка,
моделирование изделий

Модули ИПО САМ
Генерация программ ЧПУ,
технологическая
подготовка производства

Модули ИПО САЕ
Инженерные расчёты,
имитационное
моделирование

Модули интеграции
PDM/PLM/ERP
Ведение состава изделия,
подготовка производства...

Подсистема хранения /
восстановления моделей

Подсистема управления
моделью

Подсистема загрузки и
исполнения внешних
модулей ИПО

Подсистема генерации
расчётных моделей (САЕ
сетки)

Подсистема обмена
данными
(импорт / экспорт)

Графическая подсистема
(2D / 3D графика)

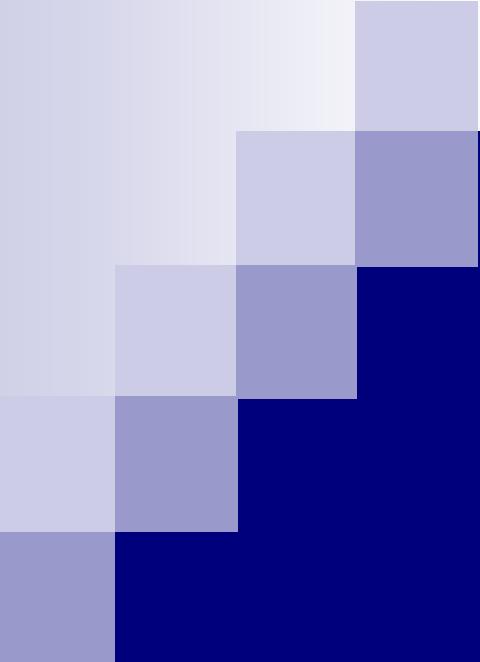
Подсистема поддержки
пользовательского
интерфейса

Подсистема генерации
чертежей, документов,
отчётов

3D ядро RGK



Интегрированная инженерная программная платформа



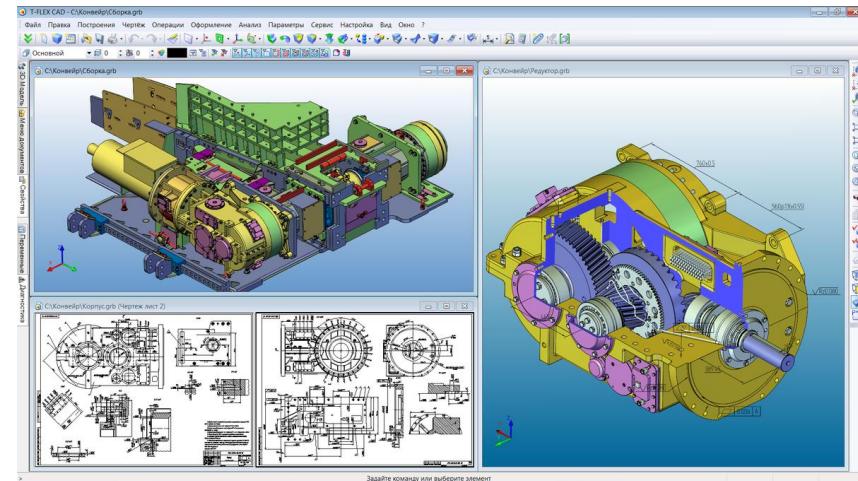
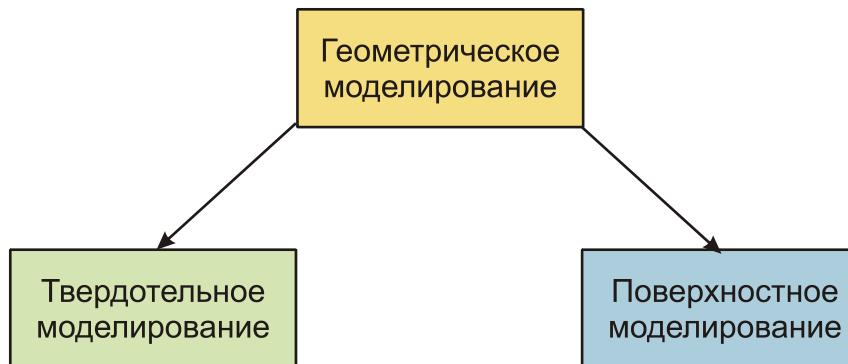
ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Одним из наиболее важных этапов проектирования машиностроительных изделий является этап конструирования. Значимость его не только в том, что на этом этапе формируется концептуальный облик будущего изделия, но и в том, что именно на этапе конструирования создаются математически точные геометрические модели как отдельных деталей, так и всего изделия, которые будут играть определяющую роль на всех последующих этапах ЖЦ.

В основе автоматизированного конструирования (CAD) лежит:

Геометрическое моделирование – совокупность операций и процедур, включающих формирование геометрической модели объекта и ее преобразование с целью получения желаемого изображения объекта и определения его геометрических свойств.



ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Твердое тело – заполненная «материалом» замкнутая область пространства.

Твердое тело характеризуется:

- многогранным представлением
- историей своего создания.

Другие параметры твердого тела:

- параметры материала
- параметры отображения

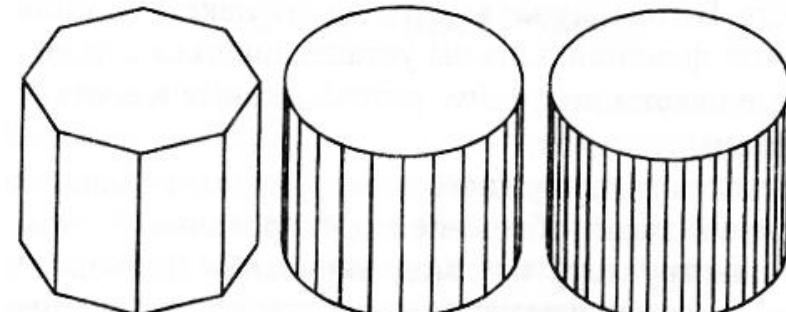


Рис. 3.1. Точность отображения цилиндра

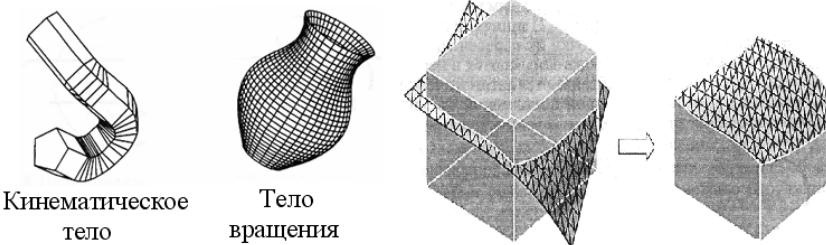


Базовые тела (твёрдотельные примитивы) – это параллелепипед, цилиндр, шар, конус и др.

Они строятся с указанием формообразующих линий и контуров или с помощью задания значений параметров.



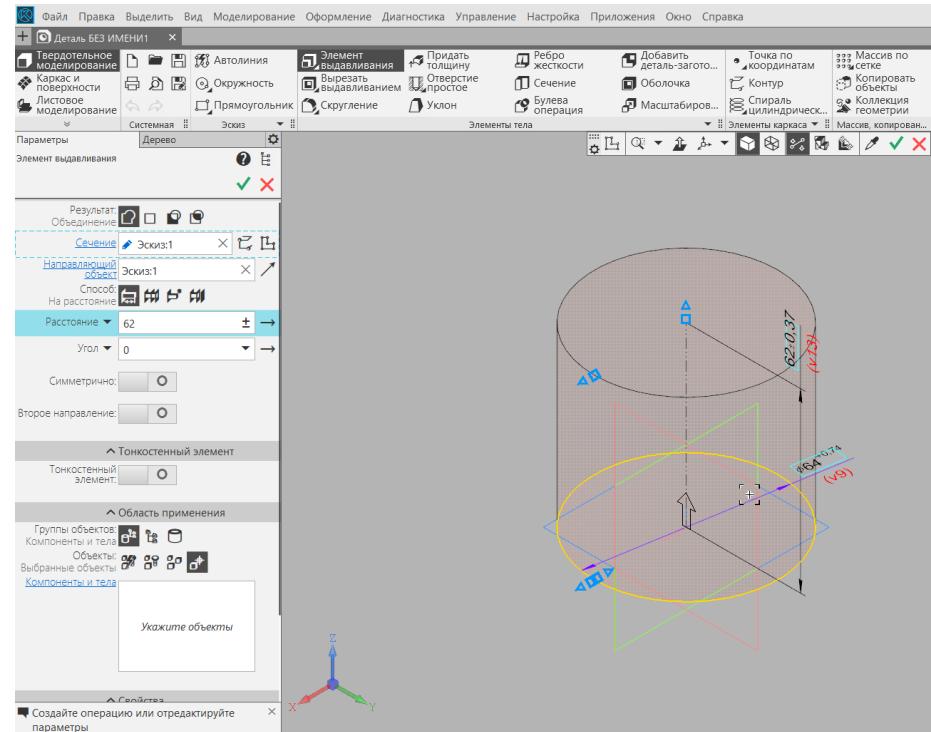
Составные тела формируются в результате топологических операций (булевы функции сложения, вычитания, пересечения) над базовыми телами. В данном случае базовые тела называют **конструктивными элементами** сложного тела



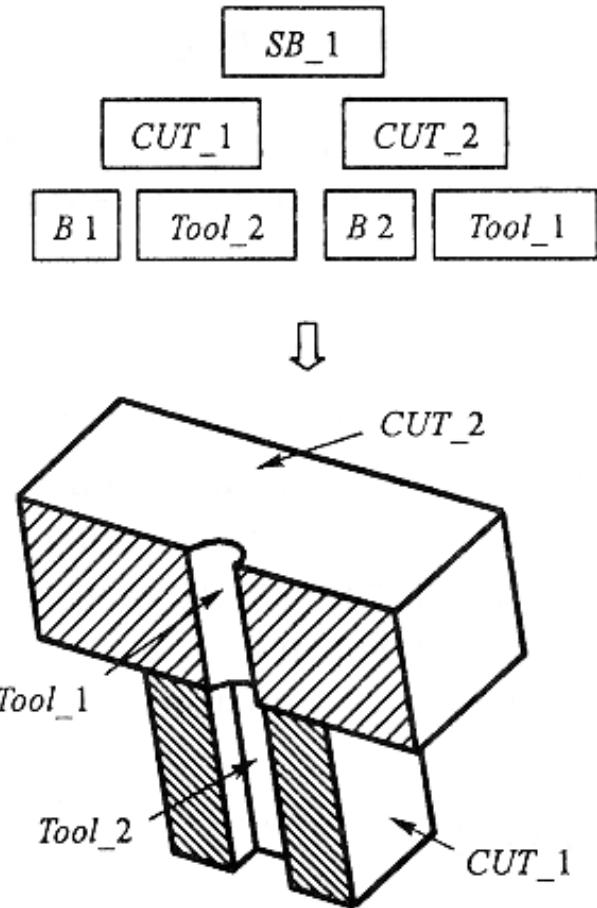
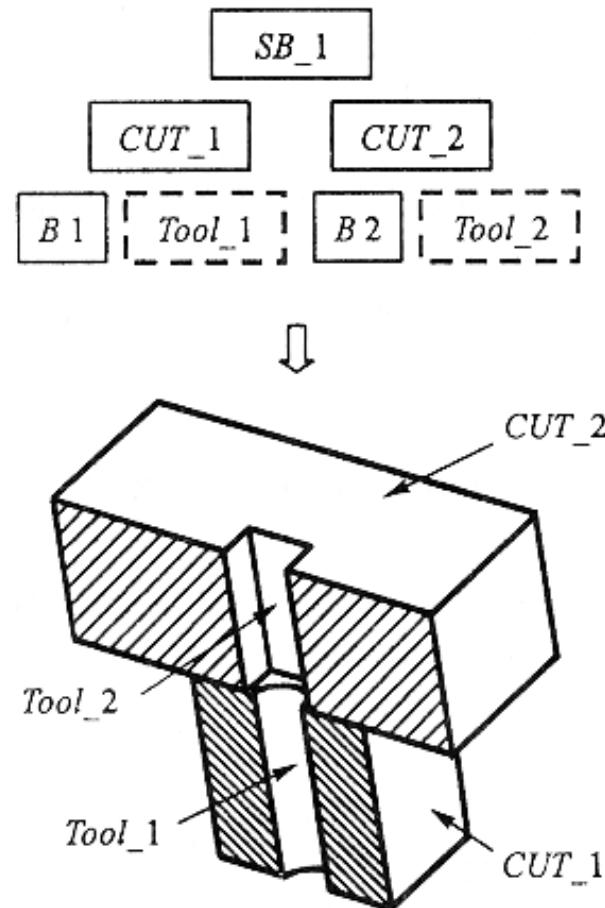
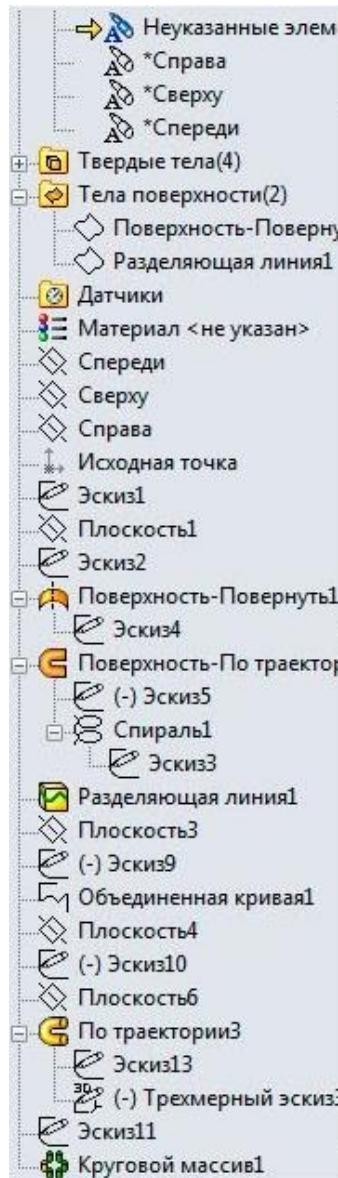
ОСНОВНЫЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ

- Операция выдавливания
- Операция вращения
- Операция по сечениям
- Кинематическая операция
- Булева операция
- Массив элементов
- Скругления и фаски
- Отверстия
- Ребра

- Создание объема
- Вырезание объема



ИСТОРИЯ ПОСТРОЕНИЯ



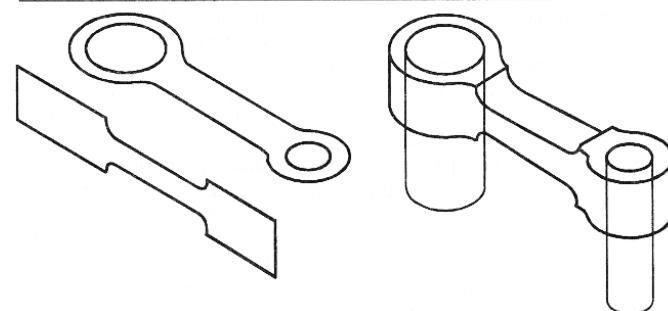
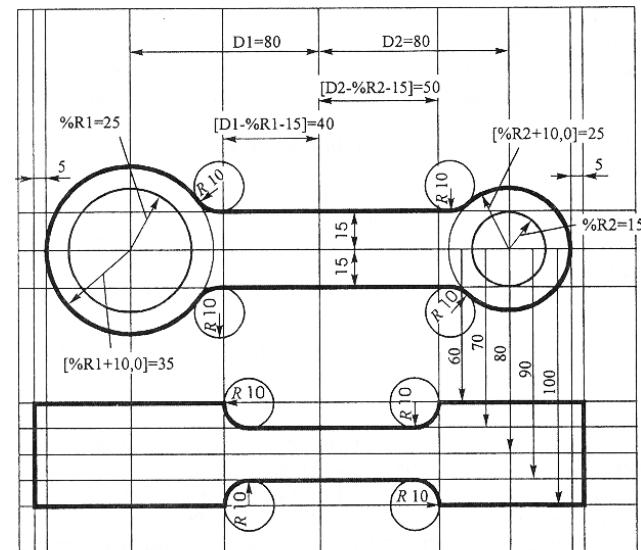
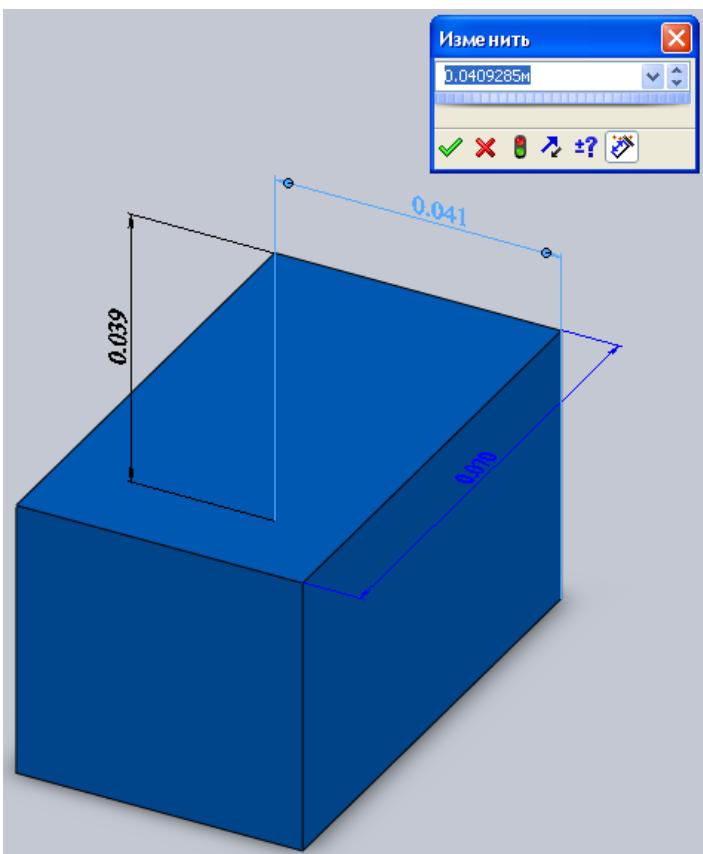
ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ

Параметризация

Адаптивная

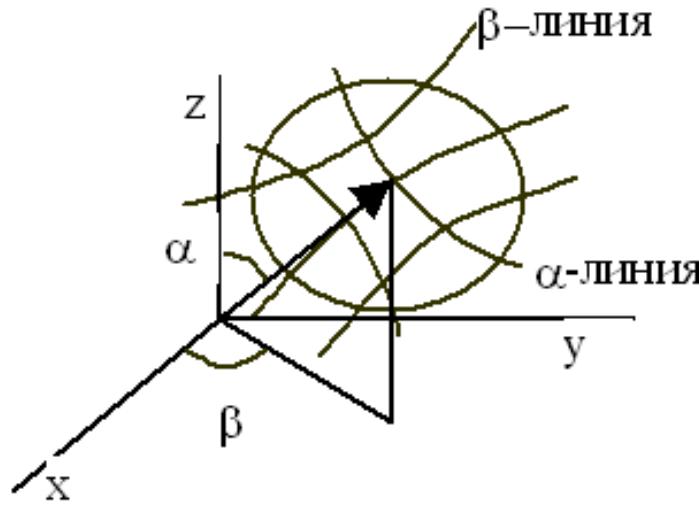
Принудительная

С помощью формул



ПОВЕРХНОСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Поверхность – граница двух полупространств, на которые она делит рабочее пространство. Определяется точками, линиями, поверхностями.



Способы задания поверхностей

- явная форма

$$z = f(x, y)$$

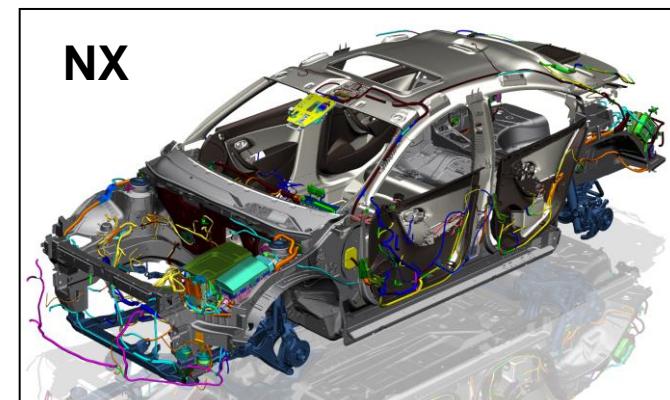
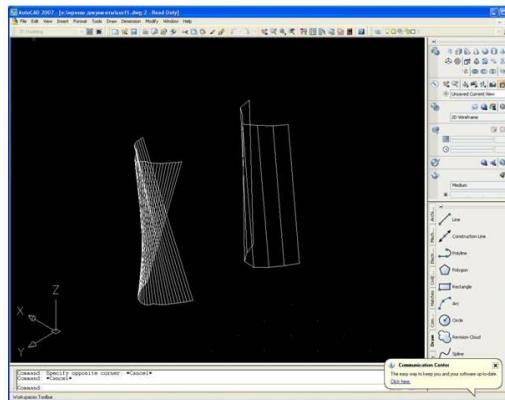
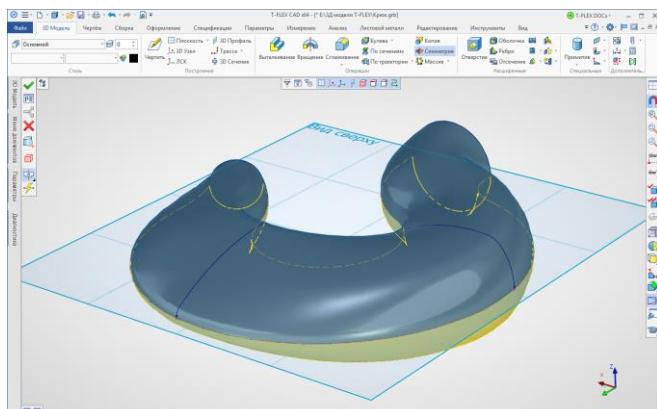
- неявная форма

$$f(x, y, z) = 0$$

- параметрическая форма

$$\begin{cases} x = x(u, v) \\ y = y(u, v) \\ z = z(u, v) \end{cases} \quad \vec{r} = \vec{r}(u, v)$$

Позволяет моделировать аналитически неопределляемые поверхности, сложные дизайнерские элементы



ТИПЫ БАЗОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

1. Плоские поверхности

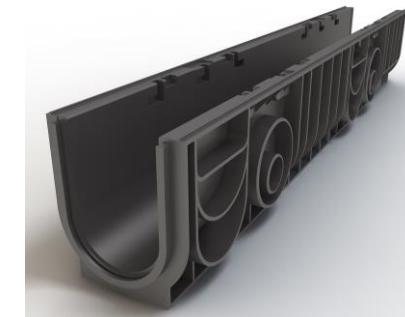
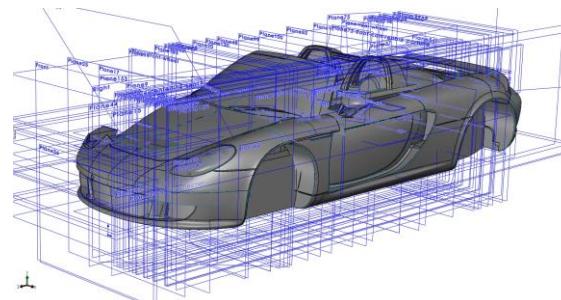
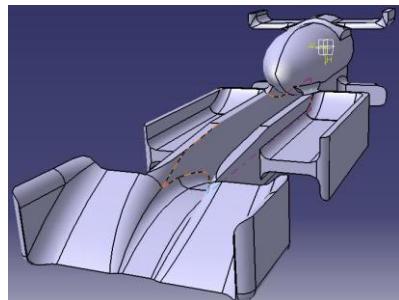
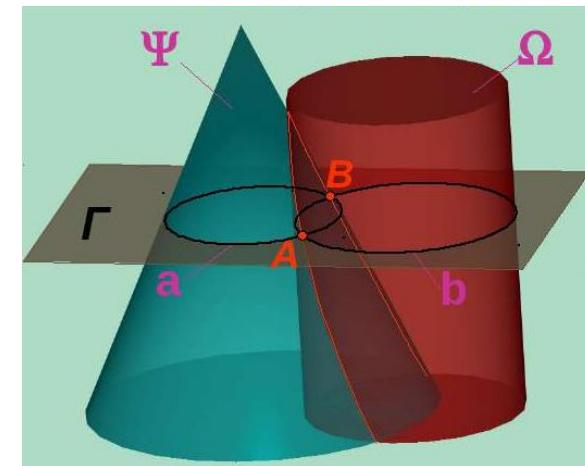
2. Поверхности вращения

3. Поверхность сопряжения и пересечений

4. Аналитические поверхности

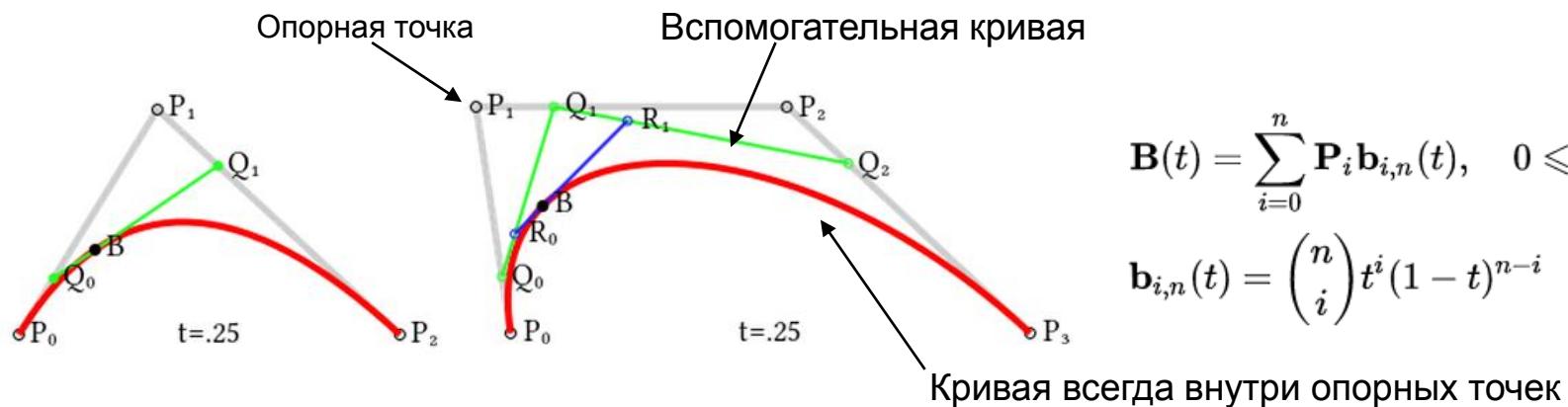
5. Скульптурные (динамические) поверхности

- Омываемые средой (внешне обод самолетов, судов и т.д.)
- Трассирующие – направляющие среды (воздушные гидравлические каналы)



ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ КРИВЫЕ

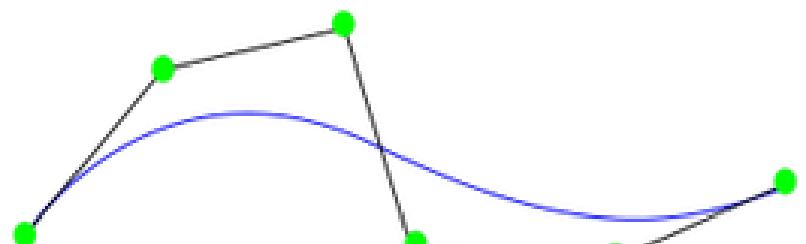
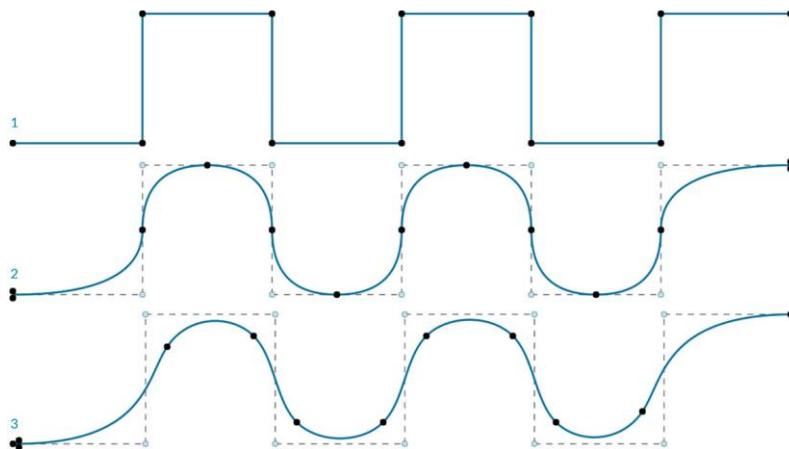
Кривая Безье



$$\mathbf{B}(t) = \sum_{i=0}^n \mathbf{P}_i \mathbf{b}_{i,n}(t), \quad 0 \leq t \leq 1$$

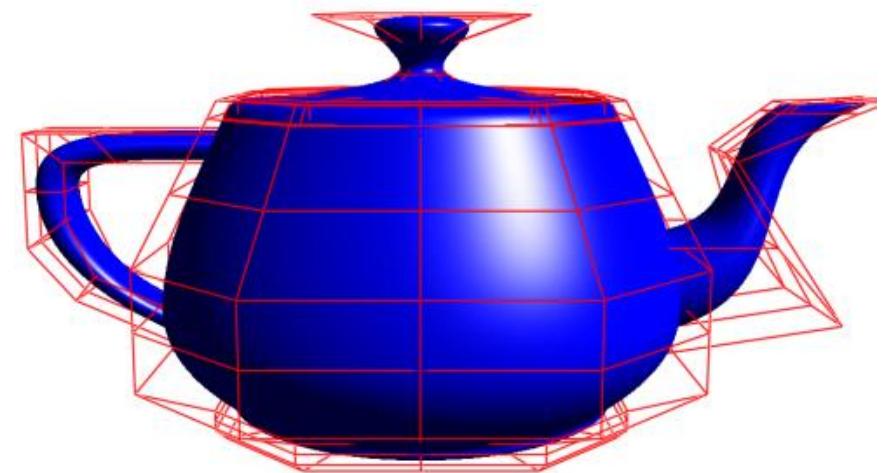
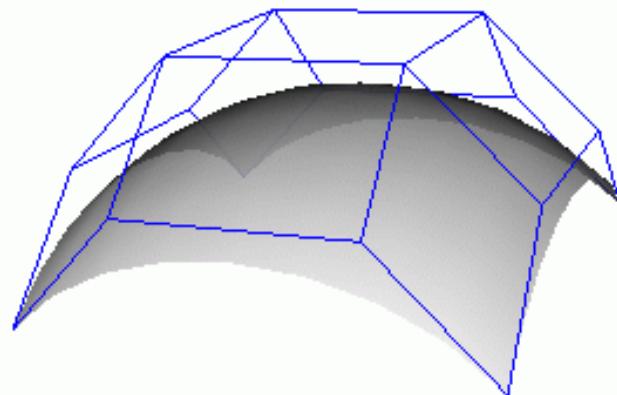
$$\mathbf{b}_{i,n}(t) = \binom{n}{i} t^i (1-t)^{n-i}$$

B-сплайн, NURBS

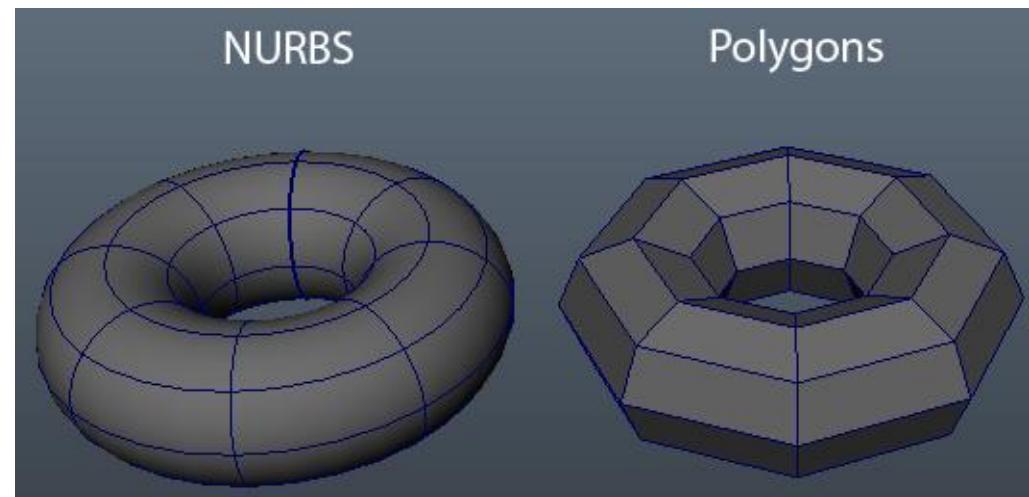
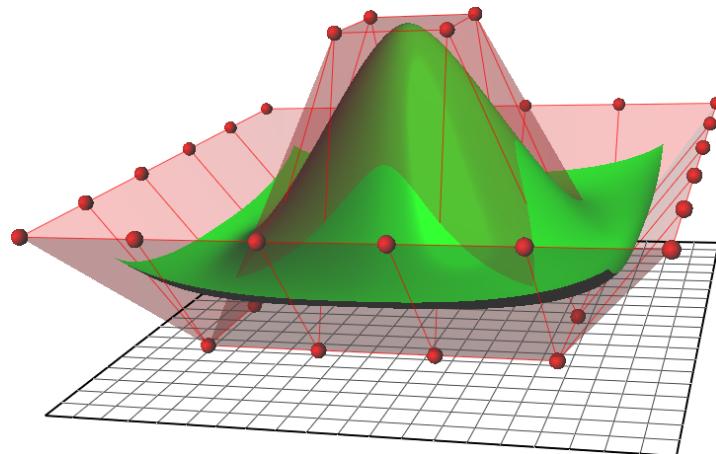


ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ

Поверхность Безье

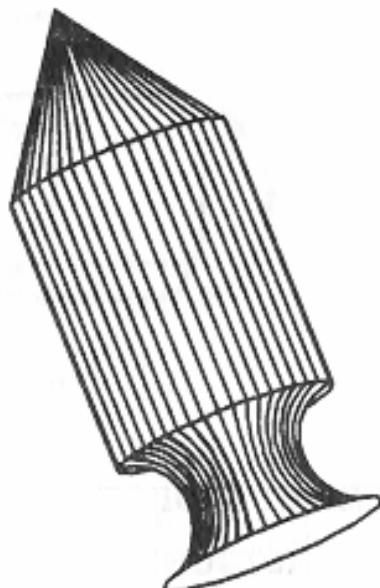


NURBS-поверхность



ВЫБОР СТРАТЕГИИ ПОСТРОЕНИЯ

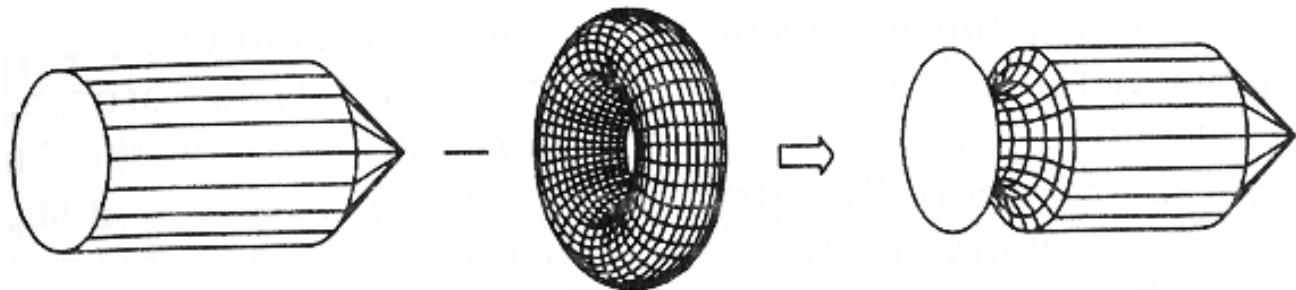
Требуется построить следующее тело



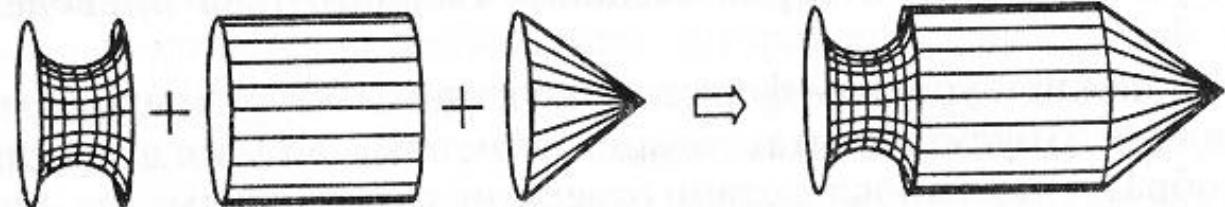
Построение вращением



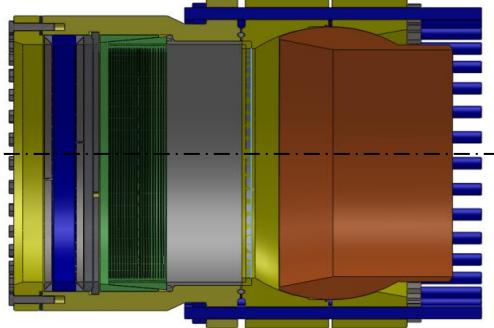
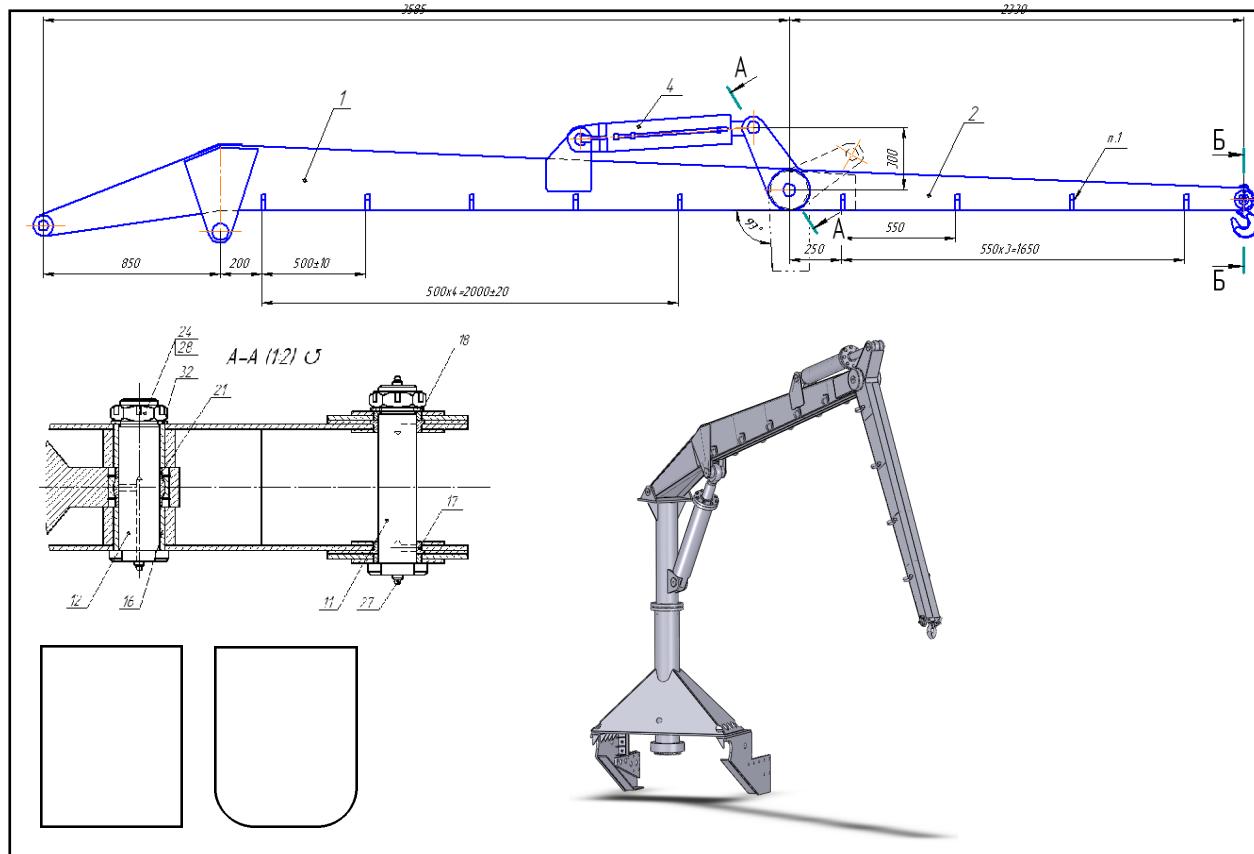
Построение вычитанием одного тела из другого



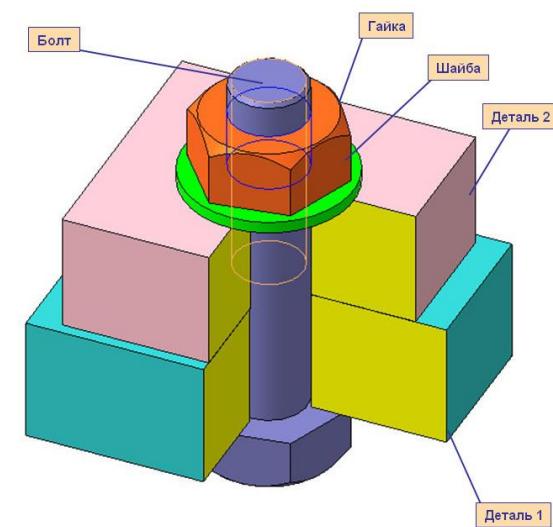
Построение сложением трех тел



ВЫБОР СТРАТЕГИИ ПОСТРОЕНИЯ

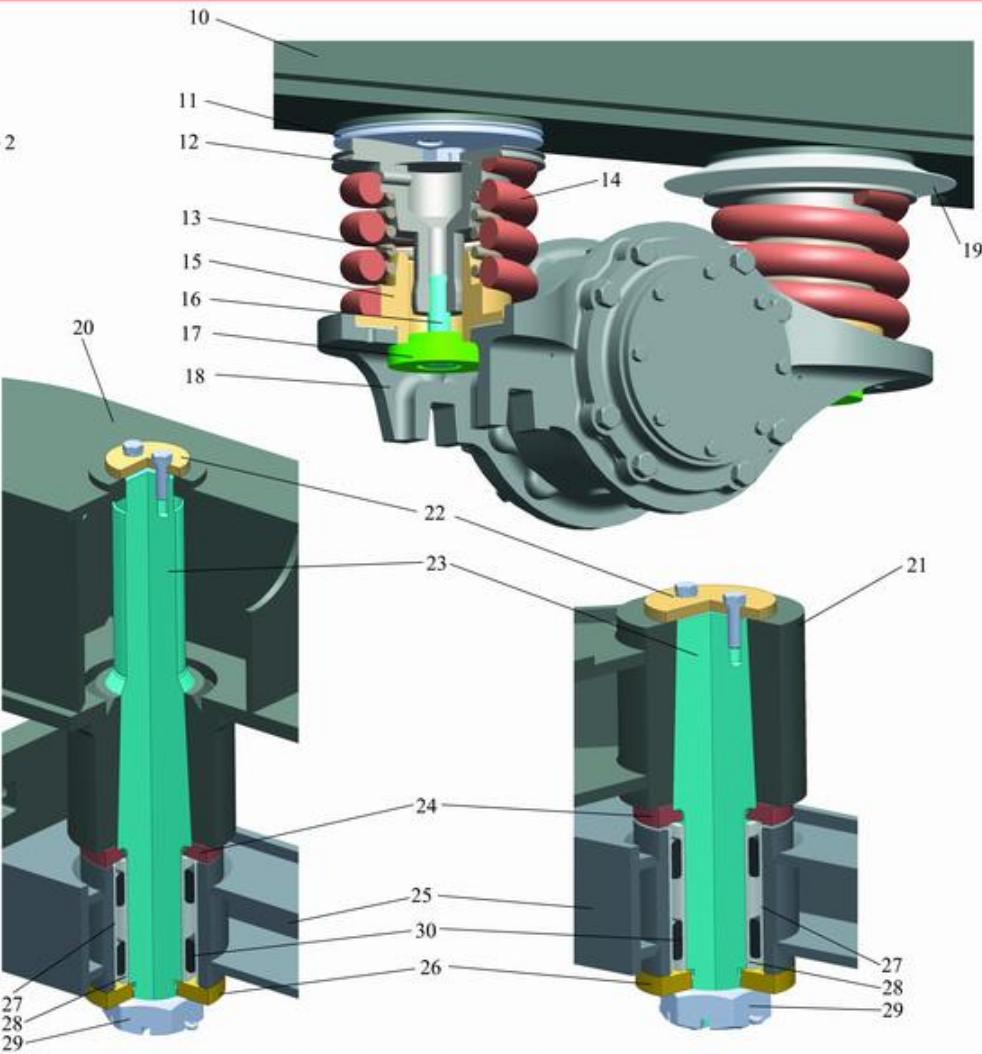
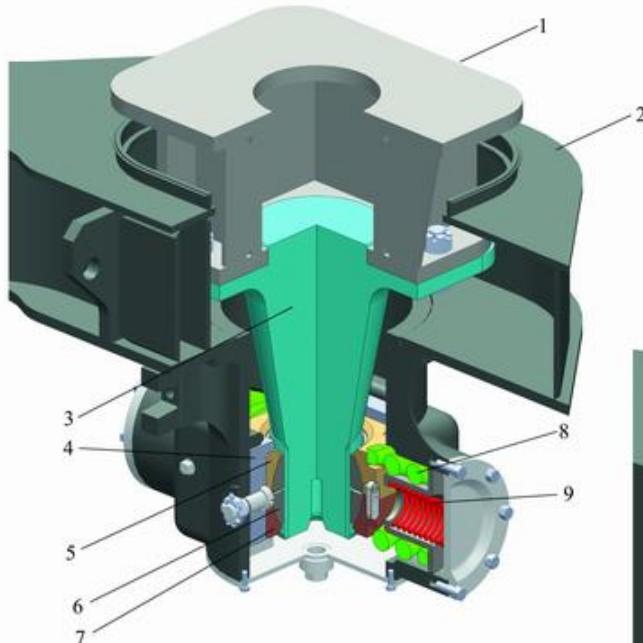


?



ВЫБОР СТРАТЕГИИ ПОСТРОЕНИЯ

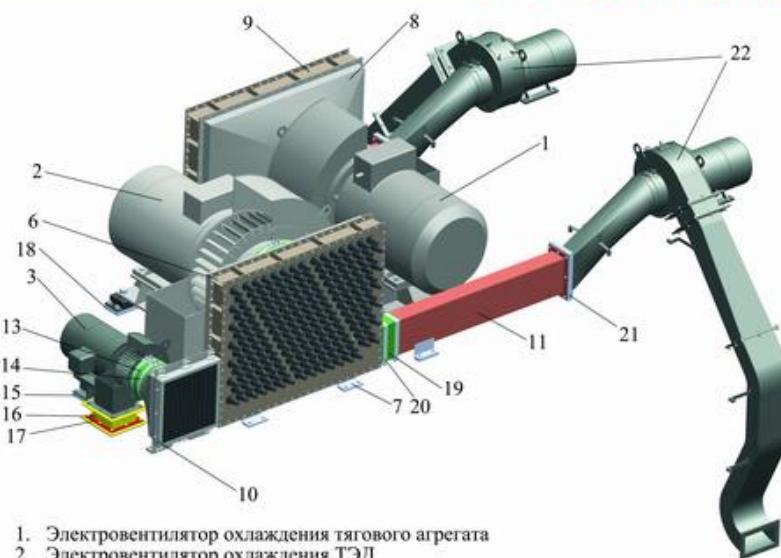
УЗЛЫ ТЕЛЕЖКИ



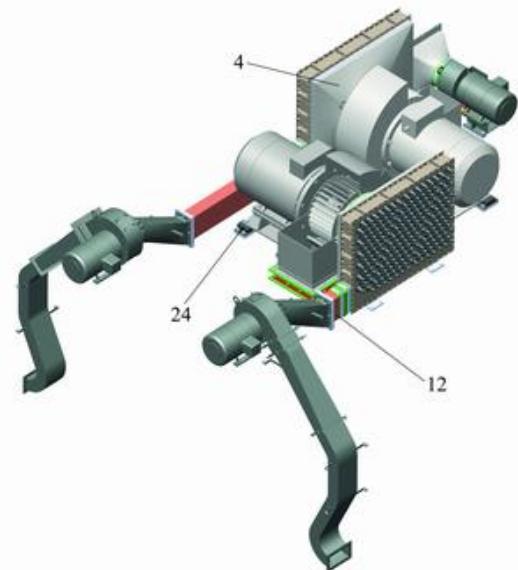
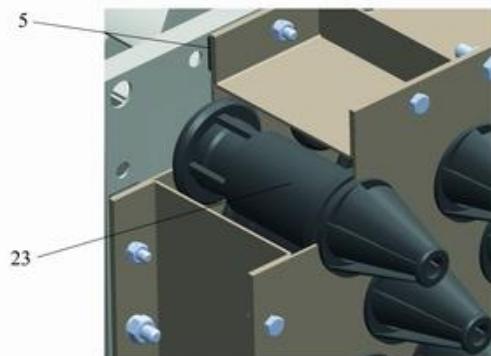
ТЕПЛОВОЗ МАГИСТРАЛЬНЫЙ 2ТЭ25А “ВИТЯЗЬ”

ВЫБОР СТРАТЕГИИ ПОСТРОЕНИЯ

БЛОК ВЕНТИЛЯЦИИ ПЕРЕДНИЙ



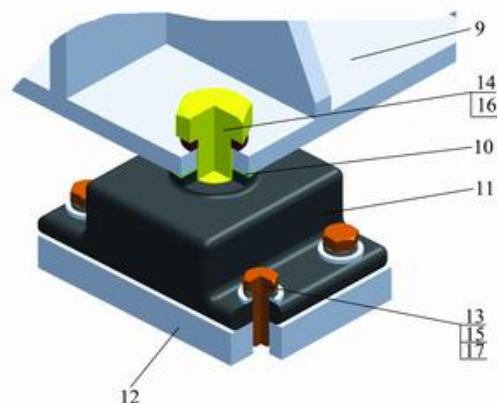
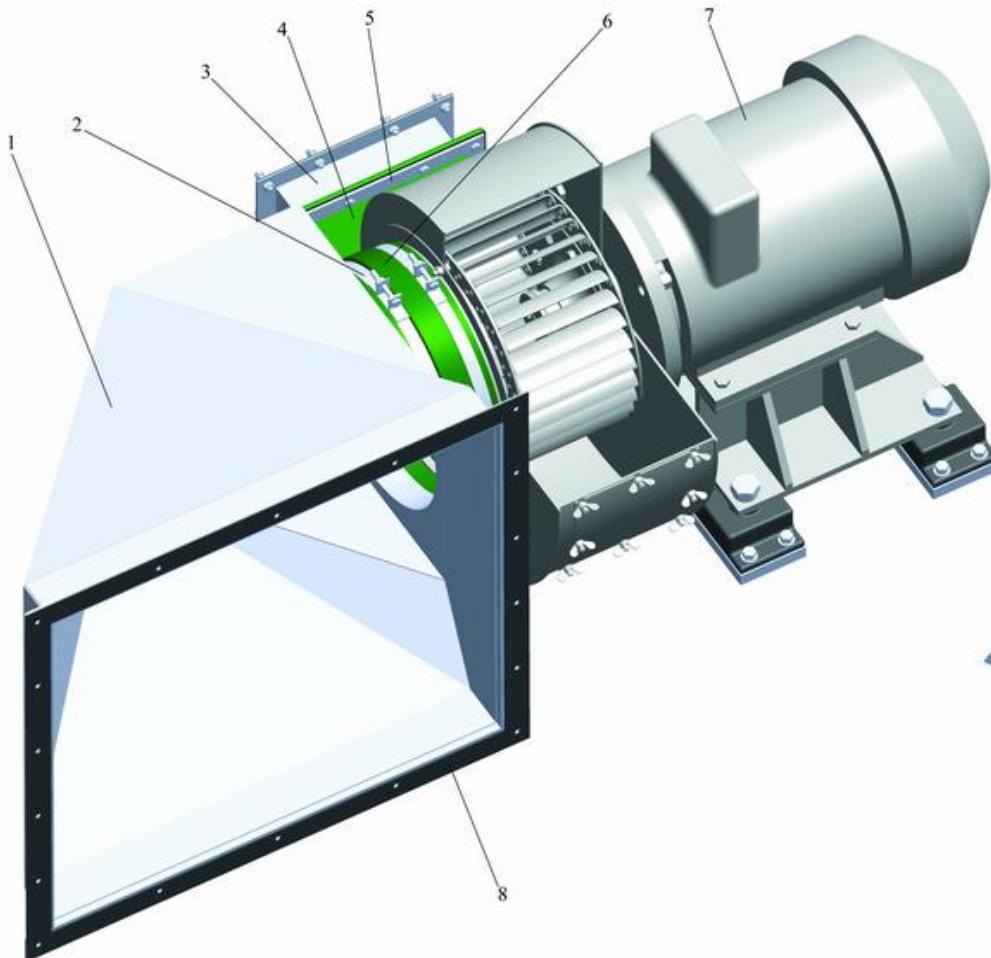
1. Электровентилятор охлаждения тягового агрегата
2. Электровентилятор охлаждения ТЭД
3. Вентилятор радиальный
4. Воздуховод
5. Прокладка
6. Блок мультициклонов для ТЭД
7. Поддержка
8. Воздуховод
9. Блок мультициклонов для тягового агрегата
10. Воздуховод с фильтром
11. Воздуховод
12. Воздуховод
13. Рукав
14. Хомут
15. Платик электродвигателя
16. Рукав
17. Рамка прижимная
18. Платик амортизатора
19. Рукав
20. Хомут
21. Фланец воздуховода
22. Вентиляторы отсоса пыли переднего блока
23. Мультициклон
24. Амортизатор АКСС-300М



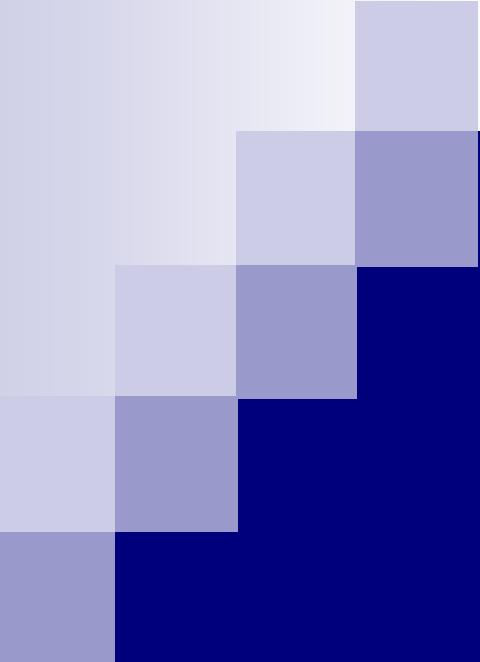
ТЕПЛОВОЗ МАГИСТРАЛЬНЫЙ 2ТЭ25А “ВИТЯЗЬ”

ВЫБОР СТРАТЕГИИ ПОСТРОЕНИЯ

УСТАНОВКА ВЕНТИЛЯТОРА ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ КАМЕРЫ



ТЕПЛОВОЗ МАГИСТРАЛЬНЫЙ 2ТЭ25А "ВИТЯЗЬ"



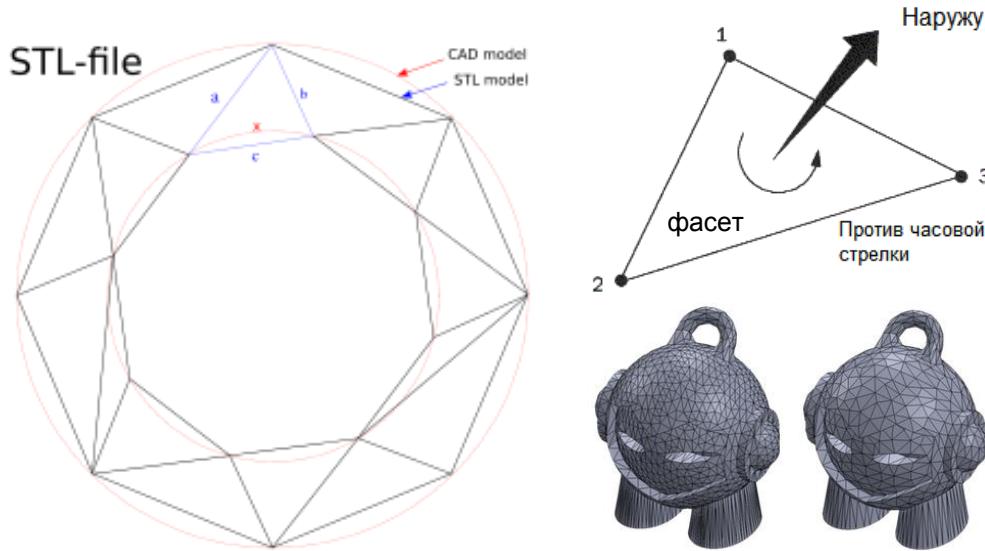
ФОРМАТЫ ОБМЕНА ДАННЫХ САД-СИСТЕМ

ОСНОВНЫЕ ФОРМАТЫ ОБМЕНА CAD-СИСТЕМ

- **STL**
- **STEP**
- **IGES**
- **ACIS (SAT)** – Dassault Systemes
- **PARASOLID** – Siemens PLM Software

ФОРМАТ STL

Формат изначально разработан для использования в аддитивных технологиях (для прототипирования с помощью стереолитографии).



Структура файла:

solid name

facet normal *ni nj nk*

outer loop

vertex *v1x v1y v1z*

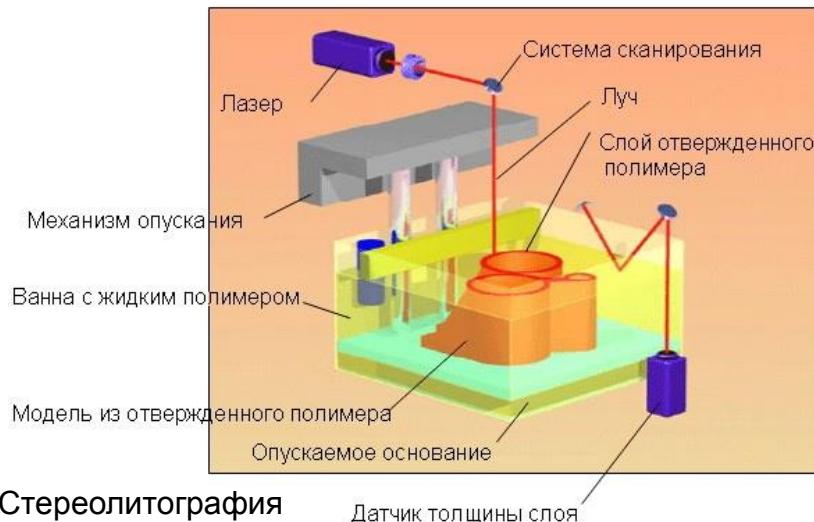
vertex *v2x v2y v2z*

vertex *v3x v3y v3z*

endloop

endfacet

endsolid *name*



Стереолитография

Поддерживаются в САПР:

ADEM CAD

Meshlab

Blender 3D

Kompas 3D

T-FLEX CAD

Wings 3D

ФОРМАТ STEP

STEP ФАЙЛ

- Файл содержит **разделы**:
- Стандарт - ISO-10303-21
- **Header** – выходные данные файла;
- **Data** – содержит нумерованный список сущностей модели с указанием ссылок на типы объектов и величины атрибутов.

```
ISO-10303-21;
HEADER;
FILE_DESCRIPTION (( 'STEP AP214' ),
'1' );
FILE_NAME ('bills_hanger.STEP',
'2012-12-20T15:33:07',
( '1' ),
( '' ),
'SWSTEP 2.0',
'solidworks 2009',
'' );
FILE_SCHEMA (( 'AUTOMOTIVE DESIGN' ) );
ENDSEC;

DATA;
#1 = ORIENTED_EDGE ( 'NONE', *, *, #146, .F. ) ;
#2 = EDGE_CURVE ( 'NONE', #212, #211, #253, .T. ) ;
#3 = ORIENTED_EDGE ( 'NONE', *, *, #2, .F. ) ;
#4 = EDGE_LOOP ( 'NONE', ( #1, #1351 ) ) ;
#5 = ORIENTED_EDGE ( 'NONE', *, *, #210, .F. ) ;
#6 = EDGE_LOOP ( 'NONE', ( #5, #3 ) ) ;
#7 = VERTEX_POINT ( 'NONE', #248 ) ;
#8 = ORIENTED_EDGE ( 'NONE', *, *, #9, .F. ) ;
#9 = EDGE_CURVE ( 'NONE', #10, #7, #247, .T. ) ;
#10 = VERTEX_POINT ( 'NONE', #243 ) ;
```

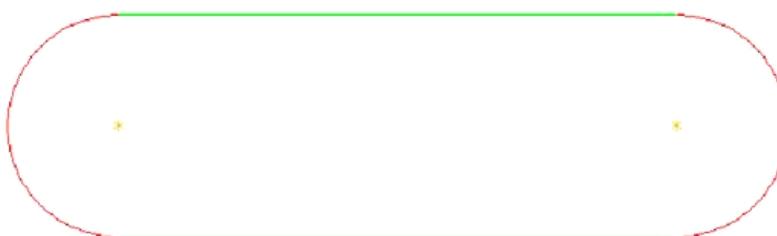
ФОРМАТ IGES

ПРИМЕР IGES ФАЙЛА

```

1H,,1H;,4HSLOT,37HS1SDUA2:[IGESLIB.BDRDRAFT.B2I]SLOT.IGS;;
17HBraovo3 BravoDRAFT,31HBraovo3->IGES V3.002 (02-Oct-87),32,38,6,38,15,
4HSLOT,1.,1,4HINCH,8,0.08,13H871006.192927,1.E-06,6.,
31HD. A. Harrod, Tel. 313/995-6333,24HAPPICON - Ann Arbor, MI,4,0;
      S   1
      G   1
      116   1   0   1   0   0   0   0   1D   1
      116   1   5   1   0   0   0   0   0D   2
      116   2   0   1   0   0   0   0   1D   3
      116   1   5   1   0   0   0   0   0D   4
      100   3   0   1   0   0   0   0   1D   5
      100   1   2   1   0   0   0   0   0D   6
      100   4   0   1   0   0   0   0   1D   7
      100   1   2   1   0   0   0   0   0D   8
      110   5   0   1   0   0   0   0   1D   9
      110   1   3   1   0   0   0   0   0D   10
      110   6   0   1   0   0   0   0   1D   11
      110   1   3   1   0   0   0   0   0D   12
      116,0.,0.,0.,0,0,0;
      116,5.,0.,0.,0,0,0;
      100,0.,0.,0.,0.,1.,0.,-1.,0,0;
      100,0.,5.,0.,5.,-1.,5.,1.,0,0;
      110,0.,-1.,0.,5.,-1.,0.,0,0;
      110,0.,1.,0.,5.,1.,0.,0,0;
      S   1G   4D   12P   6
      G   1
      G   2
      G   3
      G   4
      1P   1
      3P   2
      5P   3
      7P   4
      9P   5
      11P  6
      T   1
  
```

← Начало
← Глобальные данные
← Запись в каталоге
← Параметрические данные
← Конец



Спасибо за внимание!

Лагерев Игорь Александрович
E-mail: lagerev-bgu@yandex.ru





Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского»

ЗД-ПЕЧАТЬ

ТИПЫ ПЛАСТИКА ДЛЯ ПЕЧАТИ

**Материалы к лекционному занятию
по курсу повышения квалификации**

Брянск, 2021

ПЛАСТИК PLA



Основные характеристики PLA

Прочность: высокая.

Хрупкость: высокая.

Ударостойкость: низкая.

Гибкость: низкая.

Долговечность: средняя.

Влагоустойчивость: низкая.

Сложность использования: низкая.

Температура печати: 180°C – 230°C.

Температура стола для печати: 20°C – 60°C.

Усадка при охлаждении: минимальная.

Хорошо подходит:

- для печати декоративных элементов, макетов, прототипов.

Нельзя использовать:

- для деталей, испытывающих ударные и циклические нагрузки
- для деталей, работающих при температуре выше 50 -60 °C
- для деталей, работающих во влажной среде (вне помещений)

ПЛАСТИК ABS



Основные характеристики ABS

Прочность: высокая.

Хрупкость: низкая.

Ударостойкость: высокая.

Гибкость: средняя.

Долговечность: высокая.

Влагоустойчивость: высокая.

Сложность использования: высокая.

Температура печати: 210°C – 250°C.

Температура стола для печати: 80°C – 110°C.

Усадка при охлаждении: терпимая.

Токсичен!!!

Широко используется в промышленности:

- например, для изготовления мотоциклетных шлемов, кубиков «Лего».

СРАВНЕНИЕ С ДРУГИМИ ПЛАСТИКАМИ

	Температура печати	Температура стола	Обдув	Постобработка	Растворитель	Особенности печати	Цена
PLA	190-220	0-50	Необходим	Затруднителен	Дихлорметан	Необходим хороший обдув модели.	1650
ABS	220-260	50-90	В закрытой камере желателен	Отлично	Ацетон	Желательна закрытая камера, необходим подогрев стола.	1650
PETG	230-250	0-60	Необходим	Отлично	Метилэтилкетон	Необходим обдув модели.	2300
Polycarbonate	260-300	80-100	В закрытой камере для небольших моделей	Отлично	-	Желательна закрытая камера, необходим подогрев стола, возможность нагрева сопла до 300 гр.	2600
ePA	235-260	60-90	В закрытой камере для небольших моделей	Отлично	-	Желательна закрытая камера.	3300
ePA-CF	240-260	60-90	В закрытой камере для небольших моделей	Отлично	-	Желательна закрытая камера.	-
eFlex	210-230	40-60	Желателен	Затруднителен	-	Желательна печать на небольших скоростях 15-30 мм/с.	2900
Bronze	180-210	0-50	Необходим	Отлично	-		2300
eCopper	200-220	0-50	Необходим	Отлично	-	Бывают проблемы с прилипанием первого слоя.	4200
eAfill							3900
eSteel							-
Wood	190-200	0-50	Необходим	Возможна	-	Необходим хороший обдув модели.	3100
HIPS	240-260	50-90	В закрытой камере желателен	Возможна	Лимонел	Желательна закрытая камера, необходим подогрев стола.	2600
PVA	190-200	0-50	Необходим	-	Вода	Требуется настройки ретракта из-за текучести.	3100

Спасибо за внимание!

Лагерев Игорь Александрович
E-mail: lagerev-bgu@yandex.ru





Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского»

ЗД-ПЕЧАТЬ

ДЕФЕКТЫ ЗД-ПЕЧАТИ И БОРЬБА С НИМИ

Материалы к лекционному занятию
по курсу повышения квалификации

Брянск, 2021

ДЕФЕКТ «КОРОБЛЕНИЕ»

Описание: искажение геометрии из-за перехода пластика из одного состояния в другое (жидкое - твердо-жидкое - твердое) и изменения температур, пластик начинает уменьшаться в объеме. Этот процесс проходит неравномерно - сначала остывают края, а затем только центральная часть. Из-за этого возникают внутренние напряжения, которые отрывают края или ломают деталь.



ДЕФЕКТ «КОРОБЛЕНИЕ»

Как бороться:

- Уменьшить заполняемость (меньше пластика, меньше усилие отрыва)
- Использовать горячий стол (прогреваете нижние слои, что дает равномерное распределение напряжений внутри детали)
- Делать внешний контур это создает что-то вроде термобарьера вокруг детали, тем самым поддерживая температуру по объему, что приводит к равномерному распределению напряжений по детали)
- Использовать конструктивные элементы (чтобы форма детали препятствовала усадке, что очень сложно реализовать)
- Увеличьте силу сцепления (клей)



ДЕФЕКТ «ВСКИП»

Описание: выступы на верхнем слое детали - могут быть как открытого, так и закрытого типа. По сути - это связано с провисанием пластика, который не успевает охлаждаться будучи напечатанным в воздухе без поддержек.



ДЕФЕКТ «ВСКИП»

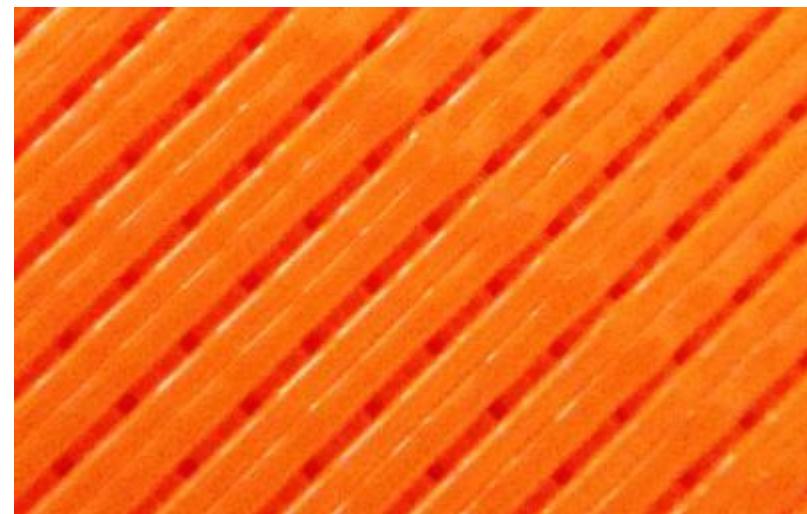
Как бороться:

- Обеспечьте охлаждение (ваш пластик должен хорошо остывать на верхнем слое. По рекомендациям, на этом этапе охлаждение должно идти максимально)
- Обеспечьте достаточную толщину слоя и стенки (кроме достаточного охлаждения, у вас должно быть необходимое количество слоев. Опять-таки по рекомендациям, ваша стенка должна состоять, как минимум, в 6 слоев вашей толщины. Таким образом, при печати слоем 0.1 мм вам желательно, чтобы ваша стенка была не менее 0.6 мм. Но помните - слишком тонкие базовые слои тоже не подойдут - они просто не будут держать себя и другие слои)
- Попробуйте изменить заполняемость (слайсеры изменяют конфигурацию заполняемости на определенном проценте заполнения, то есть разница может быть уже даже между 24% и 25%. Кроме этого, при большей заполняемости расстояние, которое печатается в воздухе меньше, что тоже может убрать данный дефект)



ДЕФЕКТ «НЕСЛОЙНОСТЬ»

Описание: круглые вещи выходят не круглые, параллельные прямые выходят не параллельными.



Как бороться:

- Уменьшить заполняемость (меньше пластика, меньше усилие отрыва)
- Подтяните ремни около печатающей головы
- Проверьте, чтобы все крепежи были плотно затянуты
- Смажьте направляющие (по одной капле легкой смазки на направляющие)
- Добавить плот и (или) «футляр»

ДЕФЕКТ «СЛОНОВАЯ НОГА»

Описание: утолщенные нижние слои, формируются наплывы материала.

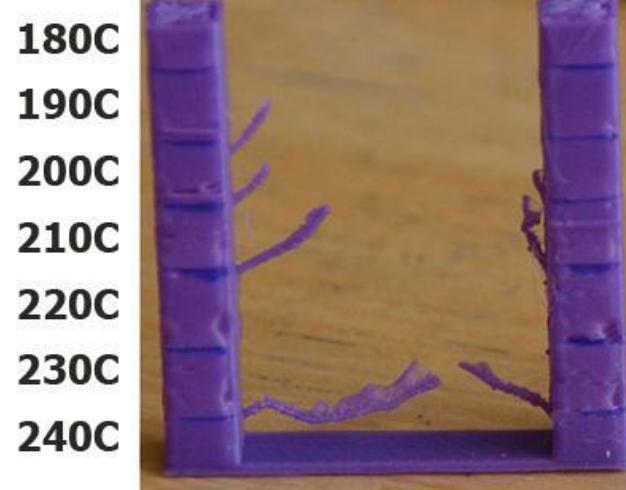


Как бороться:

- Уменьшить заполняемость (меньше пластика, меньше усилие отрыва)
- Отрегулируйте стол (сопло не должно упираться в печатающую платформу)
- Уменьшите температуру стола (небольшое уменьшение температуры стола тоже может сказаться на уменьшении данного дефекта)
- Конструкционные улучшения модели (добавьте маленькие фаски или сопряжения)

ДЕФЕКТ «ПРОВИСАНИЕ»

Описание: «сопли» между деталями или элементами детали.



180C
190C
200C
210C
220C
230C
240C

Как бороться:

- Увеличьте скорость печати (увеличив скорость печати, вы уменьшили время, когда пластик может зацепиться за вашу деталь. Однако, увеличение скорости печати не всегда возможно и может вызвать другие дефекты)
- Измените температуру печати (температура печати напрямую влияет на жидкотекучесть, особенно в случае с PLA пластиком. Уменьшение температуры даже на 10 градусов существенно уменьшает эффект от внешних провисаний)

ДЕФЕКТ «ПРОСЕЧКА»

Описание: стенки не спекаются между собой. Пустоты в стенках.

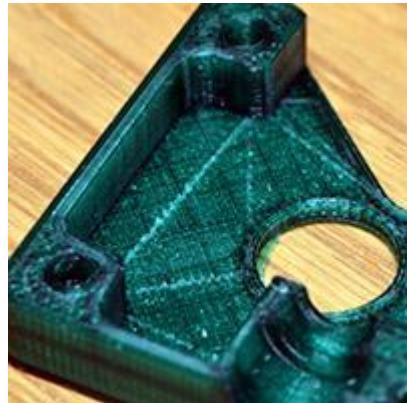


Как бороться:

- Подтяните ремни около печатающей головы
- Уменьшите скорость печати (возможно на такой скорости пластик плохо укладывается. Так же легкое увеличение температуры может помочь)
- Измените настройки стенки (Если у вас стоит сопло 0.3, то это невозможно уложить идеальными слоями по 0.3 мм стенку в 1 мм. Таким образом программа может либо представить стенку, как 0.9 мм и уложить 3 слоя, либо как-то это скомпенсировать. Попробуйте изменить толщину стенки и возможно вы сможете избавиться от дефекта)

ДЕФЕКТ «ЦАРАПИНЫ»

Описание: печатающая головка царапает деталь



Как бороться:

- Увеличение скорости и уменьшение температуры
- Изменение геометрии (данный дефект может еще проявляться на сложных поверхностях. Попробуйте добавить ровный слой на модели или в целом упростить геометрию, если вы сталкиваетесь с такой проблемой и она сильно портит вам жизнь)
- Настройка расстояния между головкой и рабочим столом

ДЕФЕКТ «НЕДОЭКСТРУЗИЯ»

Описание: видимые пустоты в объекте



ДЕФЕКТ «НЕДОЭКСТРУЗИЯ»

Как бороться:

- Измените скорость (возможно ваш принтер технически не может печатать на такой скорости)
- Смените температуру (у всех пластиков есть рекомендованные температуры для печати)
- Проверьте пластик (пластик может отсыреть, быть грязным или быть некачественным)
- Проверьте подающий механизм
- Проверьте пруток (в ходе печати иногда ваш пруток может завязаться узлом или что-то мешает ему поступать в экструдер)
- Сменить или прочистить сопло
- Проверьте тефлоновую трубку (из-за грязи допущенной в зоне печати, тефлоновая трубка может загрязнится. Из-за этого пруток будет испытывать трение, что будет приводить к недоэкструзии)
- Проверьте шестерни (если шестерни захватывающие пруток будут работать неправильно, то и выходить из сопла он будет проблемно)

Спасибо за внимание!

Лагерев Игорь Александрович
E-mail: lagerev-bgu@yandex.ru



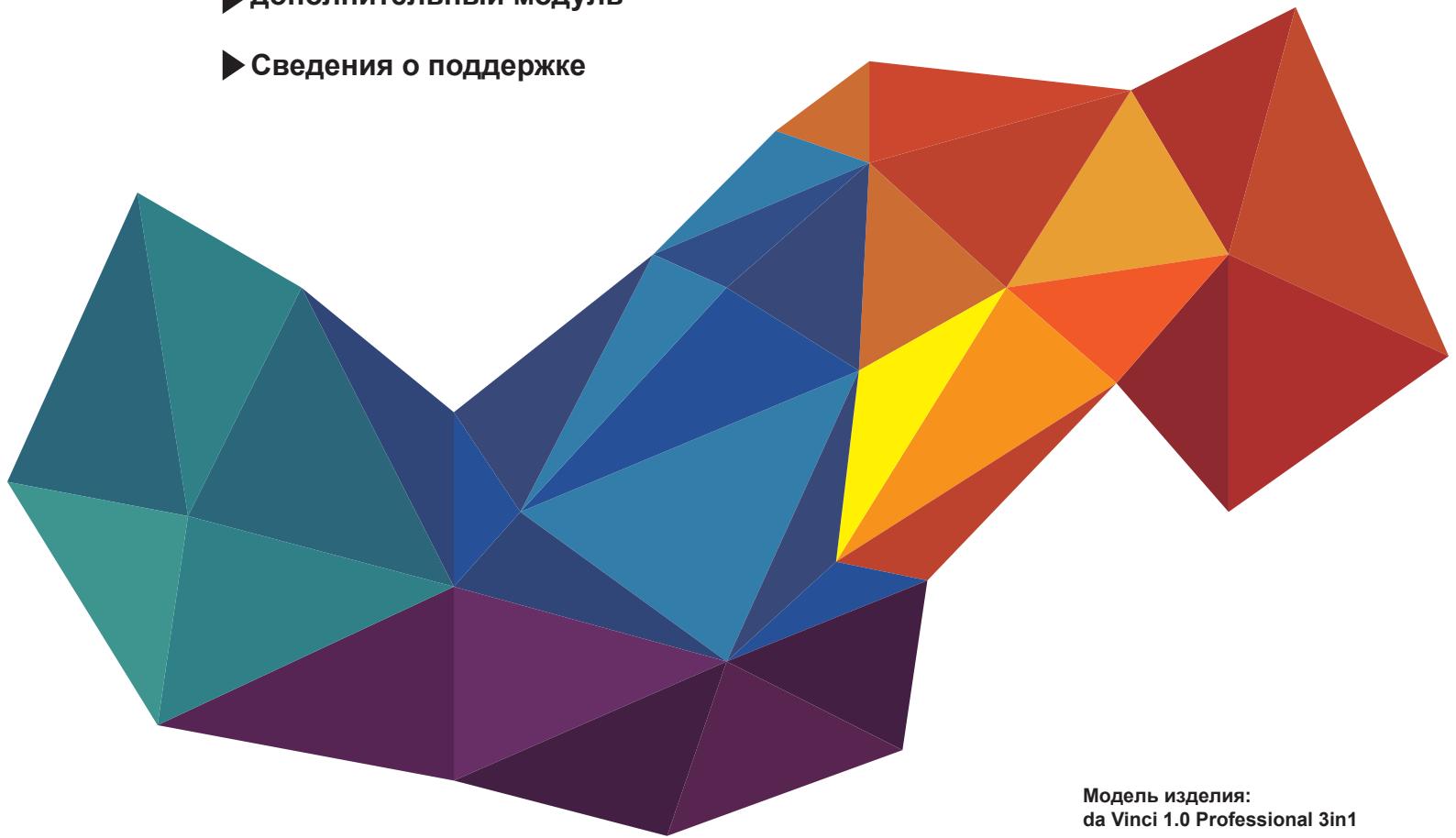


РУС

da Vinci 1.0 Pro 3in1

Руководство по эксплуатации

- ▶ Безопасность
- ▶ Описание изделия
- ▶ Экранное меню, функции и сообщения принтера
- ▶ Описание операций и функций
- ▶ Печать
- ▶ Сканирование
- ▶ дополнительный модуль
- ▶ Сведения о поддержке



Модель изделия:
da Vinci 1.0 Professional 3in1

Настоящее руководство по эксплуатации содержит описание принципа действия и правила эксплуатации 3D-принтера da Vinci 1.0 Professional 3in1. В настоящем руководстве представлены инструкции по эксплуатации, сведения о техническом обслуживании и описание возможностей применения 3D-принтера da Vinci 1.0 Professional 3in1.

Новейшую информацию о 3D-принтере da Vinci 1.0 Professional 3in1 и продукции компании XYZprinting можно получить у местного представителя компании, а также на веб-сайте XYZprinting: <http://www.xyzprinting.com>

Безопасность

● Безопасность и сертификация

Перед использованием и эксплуатацией данного изделия, заменой или удалением любых деталей, компонентов и материалов данного изделия, а также техническим обслуживанием принтера, внимательно ознакомьтесь с настоящим Руководством по эксплуатации и приведенными ниже правилами техники безопасности. Необходимо строго соблюдать все правила техники безопасности.

Следующие предупреждения и предостережения должны охватить все ситуации, но, к сожалению, это недостижимо практически. В случае выполнения процедур техобслуживания, не описанных в настоящем руководстве, ответственность за безопасность возлагается на пользователя.

● Важные правила техники безопасности



- Не устанавливайте принтер в местах с повышенной влажностью и пыльных местах, например в ванных комнатах и местах с интенсивным движением людей.
- Принтер запрещается устанавливать на неровную или неустойчивую поверхность. Принтер может упасть или опрокинуться, причинив вред здоровью людей или материальный ущерб.
- Детям запрещено использовать данный прибор без наблюдения взрослых. Движущиеся детали могут причинить тяжкий вред здоровью людей.
- Во избежание риска поражения электрическим током разрешено использовать только заземленный кабель питания, поставляющийся в комплекте с принтером.
- Надежно подсоедините и закрепите кабель питания для обеспечения надлежащего использования прибора, а также во избежание риска поражения электрическим током и возгорания.
- Запрещается снимать и заменять крышки принтера какими-либо панелями, произведенными не компанией XYZprinting.
- Запрещается помещать на принтер какие-либо предметы. Попадание жидкостей или предметов внутрь принтера может привести к повреждению принтера и угрозе безопасности.
- Запрещается использовать для чистки данного прибора горючие химикаты, а также спиртовые салфетки.
- В процессе нагрева нити появляется слабый нетоксичный запах. Установка принтера в хорошо вентилируемом месте обеспечит более комфортные условия.
- Перед транспортировкой данного прибора переведите выключатель питания в положение «Выкл.» и отсоедините кабель питания.
- Запрещается прикасаться к внутренним компонентам принтера во время печати, так как они могут быть горячими и перемещаться.
- Во время работы некоторые компоненты принтера перемещаются. Не пытайтесь до них дотронуться или что-либо изменить внутри до выключения принтера.
- Запрещается выполнять какие-либо работы по техобслуживанию принтера кроме указанных в настоящем документе. В случае неустранимых проблем обратитесь в сервисный центр компании XYZprinting или к продавцу данного прибора.

● Товарные знаки

Все зарегистрированные и незарегистрированные товарные знаки являются собственностью соответствующих лиц.

Описание изделия

Внешний вид принтера



Выравнивание платформы может быть нарушено в результате вибрации во время транспортировки, что может снизить качество печати. Перед началом печати отрегулируйте положение платформы, см. раздел «Регулировка положения платформы».

Комплект поставки



- Катоке
руководство по
эксплуатации
и гарантийный
талон



- Картридж
с нитью



- Фиксатор
картриджа



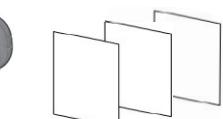
- Кабель USB



- Компакт-
диск с
программным
обеспечением



- Заглушки
боковых
панелей,
2 шт.



- Прокладка для
платформы, 3 шт.
(Прокладка для платформы
предназначена для
многоразового использования и
подлежит замене при износе.)



- Кабель
питания



Описание изделия

Извлечение принтера из упаковки

Примечание: Перед включением принтера удалите все упаковочные материалы во избежание повреждения принтера.



Важные правила техники безопасности



- Не используйте принтер в пыльных местах, местах с повышенной влажностью и на открытом воздухе.
- Не используйте принтер на мягкой или наклонной поверхности во избежание падения прибора, что может повлечь повреждение оборудования и причинение травм.
- Не помещайте руки внутрь принтера во время его работы, так как движущиеся детали могут причинить травму, а высокие температуры могут вызвать ожог.

Примечания и сведения об использовании инструментов для технического обслуживания

- Ниже перечислены инструменты, которые можно использовать только под руководством или наблюдением взрослых. Не позволяйте детям использовать инструменты для технического обслуживания в незнакомых ситуациях, так как это опасно.
- Перед выполнением технического обслуживания принтера удостоверьтесь, что платформа остыла.



- После окончания печати и остывания платформы до комнатной температуры распечатанный объект можно снять при помощи скребка.
- Чтобы предотвратить снижение качества печати из-за остатков и скоплений материала, приводящих к нарушению подачи нити, после длительного использования печатающего сопла рекомендуется активировать функцию «CLEAN NOZZLE» (Чистка сопла) каждые 25 часов печати и удалять остатки материала проволокой для чистки сопел или проволокой для чистки тракта подачи нити. (Перед чисткой тракта подачи нити следует удалять из экструдера.)
- Остатки материала, образующиеся во время печати, могут также скапливаться в сопле и механизме печатающего модуля, неблагоприятно влияя на качество печати, работу принтера, а также результаты замера положения платформы. В таких случаях следует с помощью медной проволоки прочистить печатающий модуль.

● Техническое обслуживание и ремонт

Сохраните оригинальные упаковочные материалы на случай транспортировки принтера на ремонт в течение гарантийного срока. Если вместо этого использовать другие упаковочные материалы, принтер может получить повреждения в процессе транспортировки. В таком случае компания XYZprinting имеет право взять плату за ремонт.

Дисплей и панель управления



Переход вверх, увеличение значения



Возврат к предыдущему меню, регулировка значения, переход к предыдущему пункту меню



Переход к следующему меню, регулировка значения, переход к следующему пункту меню



Переход вниз, уменьшение значения



Выбор, подтверждение настройки, подтверждение и выход



Главное меню

Технические характеристики

Печать			
Технология печати	Послойное наплавление (FFF)	Вес	26 кг
Размер области печати	20 x 20 x 19 см	Материал печати	АБС- и ПЛА-пластик
Разрешение печати	0,1; 0,2; 0,3; 0,4 мм	Диаметр нити	1,75 мм
Дисплей	2,6-дюймовый, LCM	Диаметр сопла	0,4 мм
Способ подключения	USB 2.0, WiFi	Операционная система	Как минимум Windows 7 Как минимум Mac OSX 10.8
ПО для печати	XYZware Pro	Формат файлов	.3w, .stl
Сканирование			
Технология сканирования	Лазерная триангуляция	Загрузка платформы	≤ 3 кг (6,6 фунта)
Размер сканируемого объекта: (диаметр x высота)	3 x 3 см – 15 x 15 см/ 1,18 x 1,18"- 5,9x5,9"	ПО для сканирования	XYZscan

Экранное меню, функции и сообщения принтера

UTILITIES (СЕРВИС)

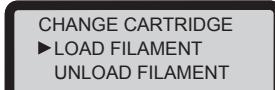
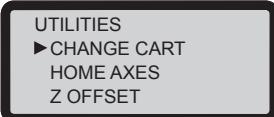
В этом меню представлены функции загрузки и удаления нити, калибровки платформы и настройки печати:

- ◆ CHANGE CART (Смена картриджа)
- ◆ HOME AXES (Исходное положение осей)
- ◆ Z OFFSET (Смещение по оси Z)
- ◆ JOG MODE (Ручной режим)
- ◆ CALIBRATE (Калибровка)
- ◆ BUILD SAMPLE (Печать образца)
- ◆ CLEAN NOZZLE (Чистка сопла)



CHANGE CART (Смена картриджа)

Эта функция служит для загрузки и удаления нити, а также для просмотра сведений о нити. Для обеспечения бесперебойной работы принтера рекомендуется использовать нить производства XYZprinting.



См. раздел «Загрузка нити», стр. 13.

• УДАЛЕНИЕ НИТИ

Эта функция служит для удаления нити с помощью панели управления принтера.

- ① Дождитесь нагрева экструдера до рабочей температуры и запустите функцию удаления нити.
- ② Когда на экране отобразится сообщение «PULLOUT FILAMENT» (Извлеките нить), нажмите на рычаг фиксатора и извлеките нить.

HOME AXES (Исходное положение осей)

Эта функция позволяет переместить экструдер в верхний правый угол области печати, а платформу — в верхнее положение.

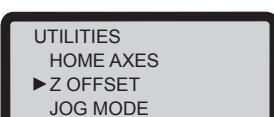
Процедура перемещения экструдера в исходное положение



Выберите пункт «YES» (Да), чтобы вернуть экструдер в исходное положение.

Z OFFSET (Смещение по оси Z)

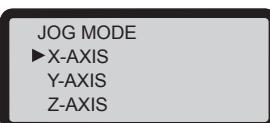
Эта функция позволяет поднять или опустить платформу, а также отрегулировать зазор при печати между платформой и печатающим модулем. Кроме того, эта функция записывает значение настройки.



JOG MODE (Ручной режим)

Эта функция позволяет вручную управлять перемещением по осям X, Y, Z для технического обслуживания принтера.

Процедура перемещения экструдера



① Выберите ось для перемещения.

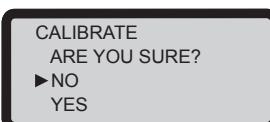
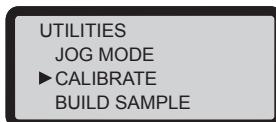
- Выберите пункт «X-AXIS» (Ось X), чтобы переместить экструдер вправо или влево.
- Выберите пункт «Y-AXIS» (Ось Y), чтобы переместить экструдер вперед или назад.
- Выберите пункт «Z-AXIS» (Ось Z), чтобы переместить платформу.

② Регулировка зазора.

- При помощи кнопок «ВВЕРХ» и «ВНИЗ» выберите шаг перемещения. Затем выберите символ ««» в зависимости от требуемого шага и нажимайте кнопку «ВЛЕВО» или выберите символ «+» и нажимайте кнопку «ВПРАВО», чтобы отрегулировать шаг перемещения.
- Нажимайте кнопку «ВЛЕВО»: экструдера будет перемещаться вправо/назад или ближе к платформе.
- Нажимайте кнопку «ВПРАВО»: экструдера будет перемещаться влево/вперед или дальше от платформы.

CALIBRATE (Калибровка)

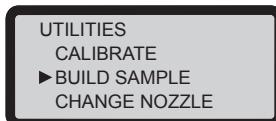
Эта функция позволяет отрегулировать положение платформы и выполнять регулировку относительно эталонного положения. Качество печати зависит от выравнивания платформы. Чтобы проверить выравнивание платформы, включите эту функцию для измерения и проверки положения платформы.



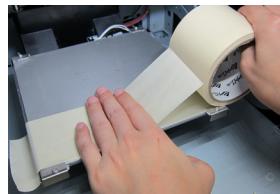
См. раздел «КАЛИБРОВКА», стр. 16.

BUILD SAMPLE (Печать образца)

В памяти принтера хранится 3 встроенных образца. Распечатывая эти образцы, можно научиться пользоваться принтером.



① Перед началом печати наклейте прокладку на платформу.



- ② Выберите заложенный в памяти принтера образец для печати.

BUILD SAMPLE
DEMO
► KEY CHAIN
HEART

- ③ Выберите пункт «YES» (Да) и нажмите кнопку «OK».

KEY CHAIN
START BUILDING?
NO
► YES

- ④ По окончании печати снимите созданный объект с платформы. Прокладка для платформы предназначена для многоразового использования. Если она изношена, ее следует заменить.

Примечание: перед началом печати наклейте прокладку на платформу, а для печати объектов с особыми элементами нанесите на прокладку немного клея (при помощи клея-карандаша), чтобы прокладка была более липкой и объект не отходил от нее.

CHANGE NOZZLE (Смена сопла)

UTILITIES
BUILD SAMPLE
► CHANGE NOZZLE
CLEAN NOZZLE

CHANGE NOZZLE
ARE YOU SURE?
NO
► YES

TURN OFF POWER
AND THEN CHANGE
NOZZLE MODULE

Выключите принтер после того, как печатающий модуль и платформа вернутся в исходное положение, и смените печатающий модуль.



Выравнивание платформы может быть нарушено в результате вибрации во время транспортировки, что может снизить качество печати. Перед началом печати отрегулируйте положение платформы, см. раздел «Регулировка положения платформы», см. стр. 16.

Экранное меню, функции и сообщения принтера

Техническое обслуживание принтера

UTILITIES
BUILD SAMPLE
CHANGE NOZZLE
► CLEAN NOZZLE

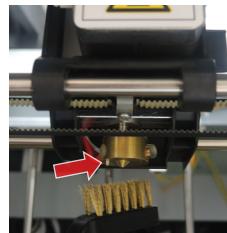
● UTILITIES (Сервис) > CLEAN NOZZLE (Чистка сопла)

Регулярная чистка печатающего сопла не только продлевает срок службы принтера, но также позволяет повысить качество печати.

Включите функцию «CLEAN NOZZLE» (Чистка сопла). Очистите сопло после того, как оно нагреется, платформа опустится, экструдер переместится вперед, а на экране отобразится сообщение «READY FOR CLEAN» (Готов к чистке).

1

Очистите измерительный штифт медной щеткой. Остатки материала, образующиеся во время печати, могут скапливаться в сопле и механизме печатающего модуля, неблагоприятно влияя на качество печати, работу принтера, а также результаты замера положения платформы. В таком случае следует с помощью медной щетки очистить печатающий модуль, а также удалить остатки нити и загрязнения с измерительного штифта.



2

Очистите сопло при помощи чистящей проволоки. Чем чаще выполняется печать, тем больше скапливается нагара и загрязнений, что может снизить качество печати. Поэтому рекомендуется чистить сопло после каждого **25 часов** печати. Удерживая чистящую проволоку тонкогубцами, осторожно введите ее в отверстие в сопле, чтобы выполнить чистку. (Перед чисткой тракта подачи пластиковой нить следует удалить из экструдера.)



3

Протрите измерительные точки. После того как платформа опустится, отключите питание, чтобы платформа остыла, после чего протрите 4 измерительные точки влажной тканью.



SETTINGS (Настройки)

В этом меню представлены основные настройки и функции принтера, а также можно выбрать и настроить параметры печати:

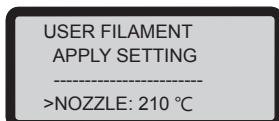
- ◆ USER FILAMENT (Особая нить) ◆ BUZZER (Зуммер) ◆ AUTO HEAT (Автонагрев)
- ◆ LANGUAGE (Язык) ◆ ENERGY SAVE (Энергосбережение)
- ◆ RESTORE DEFAULT (Восстановить стандартные настройки)



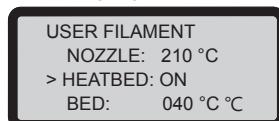
USER FILAMENT (Сторонняя нить)

Можно регулировать температуру экструдера, платформы и удаления нити в соответствии с характеристиками нити и создаваемых объектов.

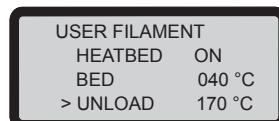
СОПЛО



Платформа



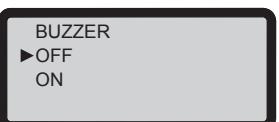
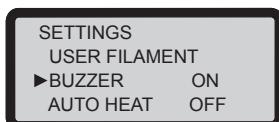
Удаление нити



См. раздел «Настройка температуры», стр. 14.

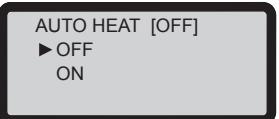
BUZZER (Зуммер)

Если включен зуммер, принтер будет выдавать звуковой сигнал при нажатии кнопок, завершении печати или обнаружении проблемы.



- По умолчанию зуммер включен, можно выбрать пункт «OFF» (Выкл.) и нажать кнопку «OK» для изменения этой настройки.

AUTO HEAT (Автонагрев)

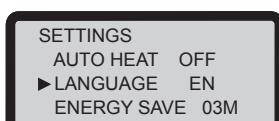


- По умолчанию автонагрев выключен, можно выбрать пункт «ON» (Выкл.) и нажать кнопку «OK» для изменения этой настройки.
- Когда включен режим «AUTO HEAT» (Автонагрев), принтер после включения нагревает экструдер и платформу. Это помогает сократить время прогрева принтера перед печатью.

LANGUAGE (Язык)

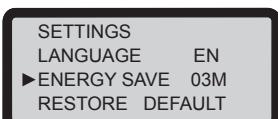
Рекомендуется перед использованием выбрать язык экранного меню принтера. Можно выбрать английский, итальянский, испанский, немецкий, французский или японский язык. Язык по умолчанию – английский.

Для выбора другого языка выполните следующие действия: при помощи кнопок «ВВЕРХ» и «ВНИЗ» выберите необходимый язык и нажмите кнопку «OK» для подтверждения настройки.



ENERGY SAVE (Энергосбережение)

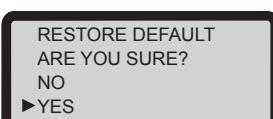
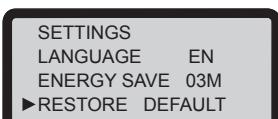
В камере печати предусмотрена светодиодная подсветка. В целях энергосбережения по умолчанию подсветка выключается через 3 минуты бездействия (настройка «03M» в меню).



Выберите настройку «06M», чтобы подсветка автоматически выключалась через 6 минут, или пункт «OFF» (Выкл.), чтобы подсветка работала постоянно. Нажмите кнопку «OK» для изменения настройки.

RESTORE DEFAULT (Восстановить стандартные настройки)

Все стандартные настройки можно восстановить несколькими нажатиями.



Выберите пункт «YES» (ДА) и нажмите кнопку «OK», чтобы запустить печать.

INFO (Сведения)

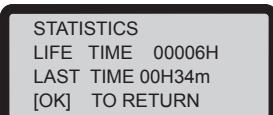
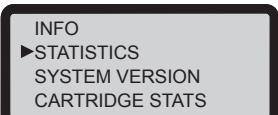
В этом меню отображаются сведения о прошивке и статистическая информация:

- ◆ STATISTICS (Статистика)
- ◆ CARTRIDGE STATS (Статистика картриджа)
- ◆ NOZZLE INFO (Сведения о рабочем модуле)
- ◆ SYSTEM VERSION (Версия прошивки)
- ◆ WIFI INFO (Сведения о WiFi)
- ◆ HELP (Справка)



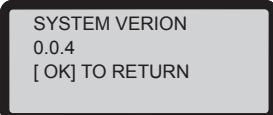
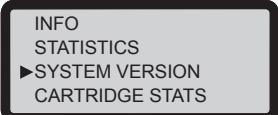
STATISTICS (Статистика)

В этом меню отображаются суммарная продолжительность печати и продолжительность последней операции печати. Для выхода из меню, нажмите кнопку «OK».



SYSTEM VERSION (Версия прошивки)

Просмотр информации о версии прошивки. Рекомендуется обновлять прошивку принтера до последней версии. Для проверки наличия последней версии прошивки используйте приложение XYZware. Для выхода из меню, нажмите кнопку «OK».



CARTRIDGE STATS (Статистика картриджа)

В этом меню отображаются сведения об оставшемся количестве нити (пункт «REMAINING» (Осталось) — длина), объеме катушки, цвете и материале нити. Нажмите кнопку «Skip» (Пропустить), чтобы пропустить страницу, и кнопку «OK» для выхода из меню.

INFO
SYSTEM VERSION
►CARTRIDGE STATS
WIFI INFO

CARTRIDGE STATS
REMAINING 240m
CAPACITY 240m
[DOWN] NEXT PAGE

COLOR
RED
[DOWN] NEXT PAGE

MATERIAL
ABS
[OK] TO RETURN

WIFI INFO (Сведения о WiFi)

В этом меню отображается текущий статус подключения принтера к сети WiFi.
См. инструкции по настройке WiFi в программе XYZware Pro на стр. 17.

INFO
CARTRIDGE STATS
► WIFI INFO
NOZZLE INFO

WIFI INFO
NO CONNECTION
[OK] TO RETURN

При наличии подключения будут отображаться SSID подключенной сети Wi-Fi, IP-адрес, имя подключенного принтера и версия беспроводного интерфейса. Нажмите кнопку «OK».

WIFI (SSID)
XYZ
► [DOWN] NEXT PAGE

IP ADDRESS
192.168.40.38
[DOWN] NEXT PAGE

PRINTER NAME
xyzprinting
[DOWN] NEXT PAGE

WIRELESS VER.
5.1.5
[OK] TO RETURN

NOZZLE INFO (Сведения о рабочем модуле)

В этом меню отображаются сведения об установленном рабочем модуле.
Сведения о модуле экструдера Сведения о модуле лазерного гравера
(предлагается отдельно)

TYPE EXTRUDER
DIAMETER 0.4mm
LIFETIME 00001h
[OK] TO RETURN

TYPE ENGRAVIER
DIAMETER N/A
LIFETIME 00060h
[OK] TO RETURN

HELP (Справка)

На указанном веб-сайте можно ознакомиться с новостями, документацией на изделия, обучающими видеороликами и другой информацией. Для выхода из меню нажмите кнопку «OK».

INFO
CARTRIDGE STATS
WIFI INFO
►HELP

HELP
www.xyzprinting.com
►[OK] TO RETURN

MONITOR MODE (Режим мониторинга)

Эта функция позволяет отслеживать показатели температуры.

MONITOR MODE
EXTRUDER 020 °C
PLATFORM 026 °C
[OK] TO RETURN

Описание операций и функций

Установка и загрузка нити

UTILITIES (Сервис) > CHANGE CART (Смена картриджа) > LOAD FILAMENT (Загрузка нити)

● Установка картриджа с нитью производства XYZprinting



- ♦ Удалите с картриджа пробку и клейкую ленту и установите картридж с нитью в свободный отсек.

- ♦ Установите и прижмите фиксатор картриджа до щелчка.

- ♦ Введите нить в направляющее отверстие так, чтобы принтер начал загружать нить.
- ♦ Чтобы вставить нить, откройте тракт подачи нити, нажав на рычаг фиксатора.
- ♦ Затем **включите функцию «LOAD FILAMENT» (Загрузка нити) на принтере**

* Для облегчения загрузки рекомендуется с помощью кусачек или другого инструмента обрезать конец нити под углом 45° и расправить нить.

- Установка совместимой нити
 - * В случае использования нитей сторонних производителей качество печати не гарантируется.
 - * Гарантия не распространяется на случаи застревания нити, повреждения, неполадок в работе и выхода принтера из строя вследствие использования нитей сторонних производителей и нарушения правил эксплуатации принтера.

Поместите катушку на собственный держатель катушки с нитью.

- ♦ Извлеките картридж из отсека для картриджа, чтобы использовать собственную нить.



Включите функцию «LOAD FILAMENT» (Загрузка нити) с помощью панели управления

CHANGE CARTRIDGE
>LOAD FILAMENT

- В случае использования нити XYZprinting для применения рекомендованных настроек температуры выберите пункт «YES» (Да).

USE XYZPRINTING
CARTRIDGE NOW?
> YES

A. Дождитесь нагрева экструдера.

B. Когда будет достигнута заданная температура, принтер автоматически загрузит нить, и на этом загрузка нити будет завершена.

C. Удостоверьтесь, что материал выходит из сопла. Если материал выходит из сопла, нажмите кнопку «OK», чтобы завершить процесс загрузки.

- Если используется нить стороннего производителя, выберите пункт «NO» (Нет).

USE XYZPRINTING
CARTRIDGE NOW?
> NO

USER FILAMENT
APPLY SETTING

>NOZZLE: 210 °C

※ Настройка пользовательских параметров температуры. Настройте температуру нагрева компонентов принтера. Сведения о настройке температуры нагрева см. в разделе «Настройка температуры». Выберите пункт «APPLY SETTING» (Применить настройки), чтобы применить заданные настройки температуры. Запустится процесс, указанный слева, и начнется прогрев печатающего модуля.

※ Использование стандартных настроек температуры. Выберите пункт «APPLY SETTING» (Применить настройки), чтобы сразу перейти к процессу, указанному слева.

Примечания. Температура, заданная с помощью этой процедуры, применяется исключительно в приложении 3D Builder, разработанном корпорацией Microsoft. Дополнительные сведения о приложении 3D Builder см. на веб-сайте Microsoft.

♦ На этом этапе загрузка нити выполнена.

Описание операций и функций

Удаление нити

UTILITIES
CHANGE CART
► UNLOAD FILAMENT

- UTILITIES (Сервис) > CHANGE CART (Смена картриджа) > UNLOAD FILAMENT (Удаление нити).

Включите функцию удаления нити с помощью панели управления принтера.

- Дождитесь нагрева экструдера до рабочей температуры и запустите функцию удаления нити.
- Когда на экране отобразится сообщение «PULLOUT FILAMENT» (Извлеките нить), нажмите на рычаг фиксатора и извлеките нить.

SETTINGS
► USER FILAMENT

Настройка температуры

- SETTINGS (Настройки) > USER FILAMENT (Особая нить)

Можно регулировать температуру экструдера, платформы и удаления нити в соответствии с характеристиками различных нитей и создаваемых объектов.

Выберите настраиваемую температуру.

1	A Сопло	В Платформа	C Удаление нити
	<p>USER FILAMENT APPLY SETTING ----- >NOZZLE: 210 °C</p> <p>Нажмите кнопку «OK», чтобы ввести значение температуры сопла.</p>	<p>USER FILAMENT NOZZLE: 210 °C >HEATBED: ON BED: 040 °C</p> <p>По умолчанию платформа нагревается. Чтобы настроить температуру платформы, выберите пункт «BED» (Платформа) или клавишу «OK».</p>	<p>HEATBED: [ON] OFF > ON</p> <p>Выберите режим «ON» (Вкл.) или «OFF» (Откл.), чтобы включить или отключить нагрев платформы. После включения нагрева, нажмите кнопку «OK», чтобы настроить температуру платформы.</p>

Задайте температуру.

NOZZLE 2 [1] 0°C
[<], [>] v
[OK] TO CONTINUE

- При помощи кнопок «Влево» и «Вправо» выбирайте цифры значения температуры (единицы, десятки, сотни).
- Измените значение при помощи кнопок «Вверх» и «Вниз». Кнопка «Вверх» — увеличивает значение, кнопка «Вниз» — уменьшает. Нажмите кнопку «OK», чтобы применить настройку.
- Если задана недопустимая температура, при нажатии кнопки «OK» отобразится предупреждение о диапазоне настройки.
- После настройки параметров, вернитесь к предыдущей странице и выберите пункт «APPLY SETTING» (Применить настройки), чтобы сохранить и применить заданные настройки.

⚠ Допустимые значения температуры

СОПЛО	Диапазон температуры сопла экструдера при подаче нити и печати: 170–240 °C
ПЛАТФОРМА (нагрев включен)	Диапазон температуры платформы: 41–90 °C
УДАЛЕНИЕ НИТИ	Диапазон температуры экструдера при удалении нити: 170–240 °C

Примечания. Температура, заданная с помощью этой процедуры, применяется исключительно в приложении 3D Builder, разработанном корпорацией Microsoft. Дополнительные сведения о приложении 3D Builder см. на веб-сайте Microsoft.

- Если отключен нагрев платформы (режим «OFF» (Откл.), будет активирована печать при комнатной температуре без подогрева платформы.
- Слишком низкая температура экструдера может затруднить загрузку нити и привести к нарушению выхода материала из сопла экструдера. Поэтому необходимо сначала задать температуру экструдера.

Описание операций и функций

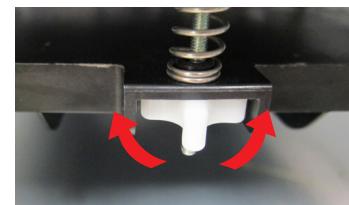
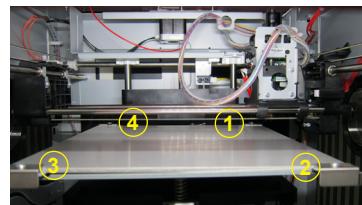
Регулировка платформы

UTILITIES
► CALIBRATE

Перед первой печатью выполните калибровку платформы, чтобы обеспечить ее надлежащее выравнивание для печати.

- «UTILITIES» (Сервис) > «CALIBRATE» (Калибровка)

После того как принтер прогреется до соответствующей температуры, будет автоматически измерено расстояние между измерительными точками по краям платформы ①, ②, ③, ④ и датчиками с целью проверки выравнивания платформы.



- Если функция автоматической проверки определит, что выравнивание платформы не требуется, на экране отобразится сообщение «PERFECT!» (Платформа выровнена!). На этом этапе нажмите кнопку «NO» (Нет) для выхода из меню. Если после проверки отображается результат «UNLEVEL BED» (Платформа не выровнена), необходимо отрегулировать платформу. В этом случае должен отобразится запрос на запуск калибровки.

PERFECT
ADJUST MORE ?
► YES
NO

- Инструкции по калибровке

СТУПЕНЬ 3 СТУПЕНЬ 4



СТУПЕНЬ 1

СТУПЕНЬ 2



ПРАВАЯ РУКОЯТКА
Описание инструкции, отображающейся на экране
TURN RIGHT KNOB (Поверните правую рукоятку)
BACKWARDS (Назад) — поверните правую рукоятку назад.
FORWARDS (Вперед) — поверните правую рукоятку вперед.

(Под платформой расположены три белые рукоятки с 4 тактильными ступенями. Каждая ступень соответствует повороту на 90 градусов, а 4 тактильных ступени соответствуют повороту рукоятки на 360 градусов.)

Расположение рукояток и направление регулировки



ЛЕВАЯ РУКОЯТКА

Описание инструкции, отображающейся на экране
TURN LEFT KNOB (Поверните левую рукоятку)
BACKWARDS (Назад) — поверните левую рукоятку назад.
FORWARDS (Вперед) — поверните левую рукоятку вперед.

ПЕРЕДНЯЯ РУКОЯТКА

Описание инструкции, отображающейся на экране
TURN FRONT KNOB (Поверните переднюю рукоятку)
TO THE RIGHT (Вправо) — поверните переднюю рукоятку вправо.
TO THE LEFT (Влево) — поверните переднюю рукоятку влево.

TIPS FOR TURNING
1 STEP=90 DEGREE
4 STEPS=1 CIRCLE
[OK] TO CONTINUE

Под платформой расположены три белые рукоятки с 4 тактильными ступенями. Каждая ступень соответствует повороту на 90 градусов, 4 тактильных ступени соответствуют повороту рукоятки на 360 градусов. Количество ступеней, на которую необходимо повернуть рукоятку, отображается на экране. Нажмите кнопку «OK», чтобы продолжить просмотр инструкций по регулировке.

TURN FRONT KNOB
TO THE RIGHT :
8.7 STEPS
[OK] TO NEXT

Рукоятка, которую следует поворачивать
Направление вращения
Количество ступеней, на которую следует повернуть рукоятку (каждая ступень соответствует 1 делению или повороту на 90 градусов)
Повернув рукоятку в соответствии с инструкцией на экране, нажмите кнопку «OK» для продолжения.

Регулировка Z OFFSET (СМЕЩЕНИЕ ПО ОСИ Z)

1. Рекомендуемое расстояние между соплом и платформой (с плотно наклеенной пленкой) составляет 0,3 мм.

Через зазор должны свободно проходить

два листа бумаги, но шесть листов бумаги проходить не должны.

2. Увеличивайте или уменьшайте значение с шагом 0,05 мм.

Чем больше значение, тем больше зазор между печатающим модулем и платформой (шаг 0,05 мм).

Чем меньше значение, тем меньше зазор между печатающим модулем и платформой (шаг 0,05 мм).

После поворота рукояток в соответствии с инструкцией, принтер повторно выполнит проверку выравнивания платформы. Если в результате проверки отобразится сообщение «PERFECT!» (Платформа выровнена!), можно приступить к печати.

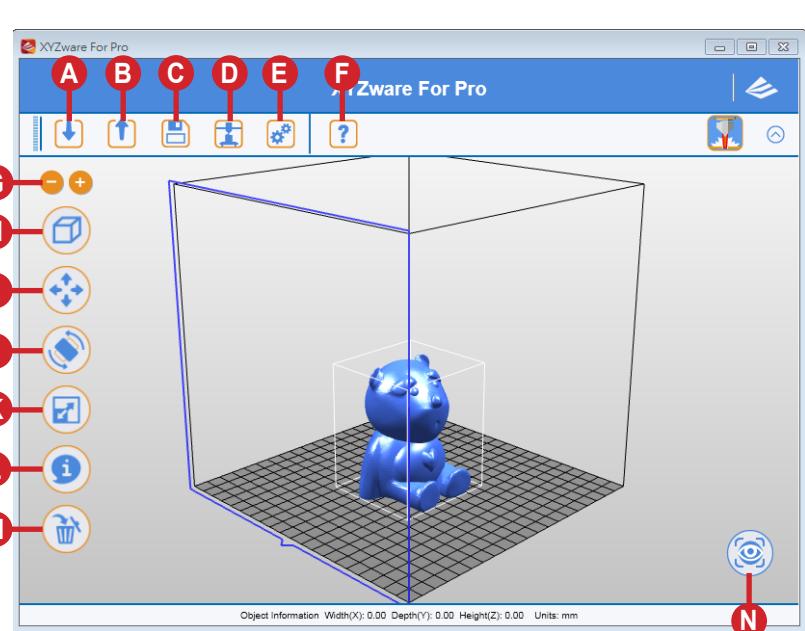
Если измерительная точка на платформе загрязнена либо платформа расположена слишком высоко или слишком низко, измерения могут быть неточными и на экране отобразится сообщение «CALIBRATE FAIL» (Сбой калибровки). В этом случае отрегулируйте положение платформы.

UTILITIES
CHANGE CART
HOME AXES
► Z OFFSET

Печать

Вывод файлов на печать с помощью приложения XYZware Pro

Для вывода файлов на печать подключите принтер к компьютеру посредством кабеля USB и установите на компьютер приложение XYZware Pro.



- A** Импорт файлов .stl, .3w
- B** Преобразование файла в формат .3w
- C** Сохранение файла .stl
- D** Настройка параметров печати, вывод файла на печать
- E** Выбор языка интерфейса приложения и предварительного цвета
- F** Справка, поиск обновлений приложения и прошивки, переход на официальный веб-сайт
- G** Регулировка масштаба отображения
- H** Быстрое переключение ракурса предварительного просмотра
- I** Перемещение модели
- J** Поворот модели
- K** Изменение размера модели
- L** Просмотр сведений о модели
- M** Удаление модели с виртуальной платформы
- N** Просмотр температуры принтера, сведений о нити и прогресса печати

Приложение XYZware Pro совместимо с ОС Windows 7 (и более поздними версиями) и Mac OS 10.8 (и более поздними версиями). Это приложение можно установить с входящего в комплект поставки компакт-диска или скачать установочный файл с официального веб-сайта компании XYZprinting.

● Основные процедуры

Открыв приложение, нажмите кнопку «Import» (Импорт), чтобы выбрать файл модели, которую требуется распечатать, и загрузить его.

Можно изменить соответствующие настройки с помощью функции «File Conversion» (Преобразование файла) для достижения требуемой скорости печати и необходимого эффекта. Задав требуемый размер, положение и ориентацию модели, можно настроить параметры печати, такие как скорость и толщина слоя, нажав кнопку «Export» (Экспорт). Нажмите кнопку «Export» (Экспорт), чтобы разделить файл на слои.

После разделения модели на слои нажмите кнопку «Print» (Печать), чтобы вывести файл на печать.

Более подробные сведения о новых версиях ПО, руководства пользователя и информацию технической поддержке см. на официальном веб-сайте компании XYZprinting:
<http://www.xyzprinting.com/>

Печать

Подключение по Wi-Fi

Данный принтер поддерживает печать через сеть Wi-Fi.

Установите приложение XYZware Pro и включите на принтере функцию Wi-Fi, выполнив указанные ниже действия, чтобы переключить принтер в режим беспроводного управления для последующего беспроводного вывода файлов на печать.

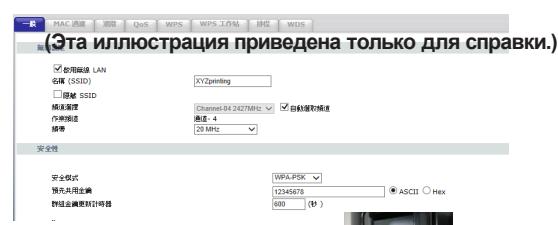
● Подготовка к настройке

- Функция сетевой печати предназначена в основном для применения в локальной сети. Подключите принтер и компьютер к одному домену, то есть к их одной беспроводной базовой станции (точке доступа).
- Перед подключением принтера необходимо соответствующим образом настроить беспроводную точку доступа. Подробные инструкции по настройке см. в руководстве по эксплуатации точки доступа или соответствующей документации производителя.
- Чтобы использовать функцию беспроводной печати, следует установить ширину канала **20 МГц**. Инструкции по настройке этого параметра см. в руководстве по эксплуатации точки доступа.
- Включите функцию беспроводной сети.
- Данный принтер поддерживает указанные ниже режимы защиты сети. В процессе подключения принтера к беспроводной сети потребуется ввести открытый ключ.

◆ WEP

◆ WPA

◆ WPA2



● Настройка Wi-Fi

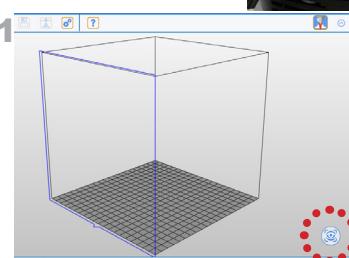
1

При помощи кабеля USB подключите принтер к компьютеру и запустите приложение XYZware Pro.

2

Нажмите кнопку «Мониторинг принтера» в нижнем правом углу окна приложения. Откроется окно «Printer Monitoring» (Мониторинг принтера). Нажмите кнопку «My Printer» (Мой принтер), а затем — «Scan» (Поиск), чтобы перейти к странице поиска принтера. Нажмите кнопку пункта «Wireless Network Settings» (Настройка беспроводной сети), чтобы перейти к странице параметров беспроводной печати.

2-1



2-3



My Printer

2-2 Printer Monitor

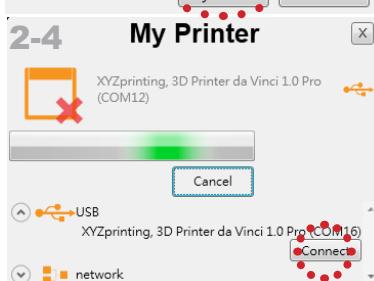
Ready to print

Heated Bed 26 °C
Extruder 1 10 °C 200 m / 0 m
Extruder 2 - °C - m / -- m

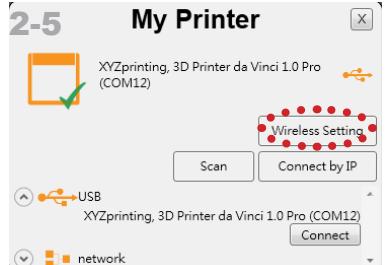
My Printer

XYZprinting, 3D Printer da Vinci 1.0 Pro (COM12)

Cancel
USB
network



2-5



My Printer

Печать

Подключение по Wi-Fi

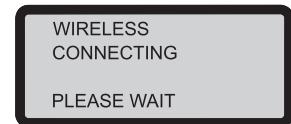
3

Введите имя принтера (используйте буквы английского алфавита и цифры). Нажмите кнопку «Scan» (Поиск), чтобы получить отобразился раскрывающийся список беспроводных точек доступа. Выберите имя беспроводной сети, с которой необходимо установить соединение.



4

После подключения название сети Wi-Fi отобразится на экране принтера.



5

На данном этапе можно отключить кабель USB и продолжать процесс печати.

6

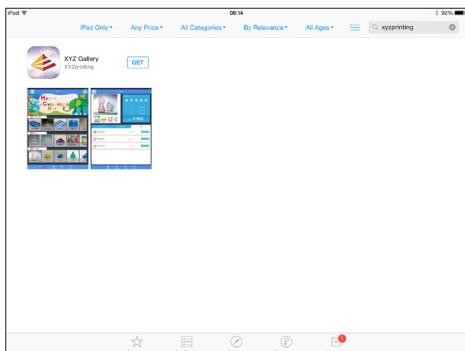
Чтобы отключить принтер от беспроводной сети, снова подключите его посредством кабеля USB к компьютеру и отключите соединение с помощью приложения XYZware Pro.

Печать из мобильного приложения

1. Мобильное устройство должно поддерживать беспроводную печать.
2. Установите приложение XYZprinting на устройство под управлением Android или iOS.



● Шаг



- 1** Откройте магазин Play на Android-устройстве или магазин App Store на устройстве с iOS. Найдите и установите приложение XYZgallery на устройство.
- 2** Чтобы выполнить вход, зарегистрируйте учетную запись на официальном веб-сайте XYZprinting.



- 3** После входа отобразятся три папки: «Most Popular» (Самые популярные), «New» (Новинки) и «Printable» (Пригодные для печати)*.

- 4** Выберите модель для печати.



- 5** Выберите принтер и просмотрите сведения о принтере. Нажмите кнопку «Confirm to print» (Подтвердить печать), после чего файл будет отправлен на принтер и распечатан.

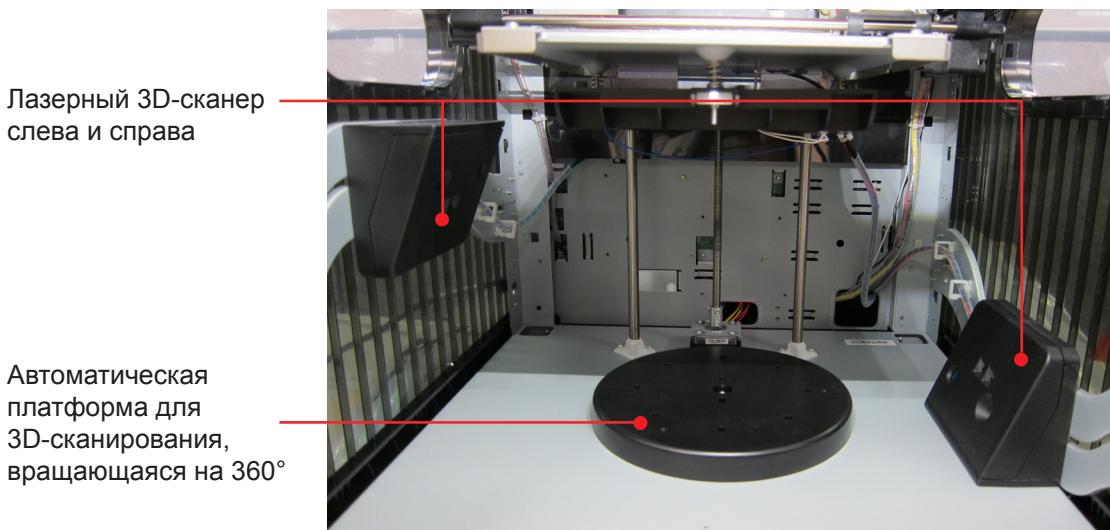
Примечание:

1. Мобильное устройство и принтер должны быть подключены к одной беспроводной сети.
2. Передача файла печати по беспроводной сети может занять больше времени, чем передача файла печати с USB-накопителя.
3. При выборе файла в формате .3w с несовместимым делением на слои, отобразится сообщение «Printer Type does not match» (Не соответствует тип принтера). В таком случае следует выбрать другой файл или загрузить файл в формате .stl для деления на слои перед печатью.

* Файл, пригодный для печати, — это файл в формате .3w, который пригоден для печати непосредственно из приложения. Некоторые модели представлены в формате .stl. Перед печатью их необходимо экспорттировать в формат .3w с помощью приложения XYZware. Если файл требуется оплатить, следуйте инструкциям по оплате.

Сканирование

Сканирование занимает около 5 минут. В процессе сканирования объект вращается на поворотном столе по часовой стрелке. В ходе сканирования лазерные модули проецируют на объект линейный луч, а камера в модуле снимает полную последовательность кадров вращающегося объекта. По окончании сканирования программа XYZscan преобразует снятые изображения в сетку методом триангуляции.

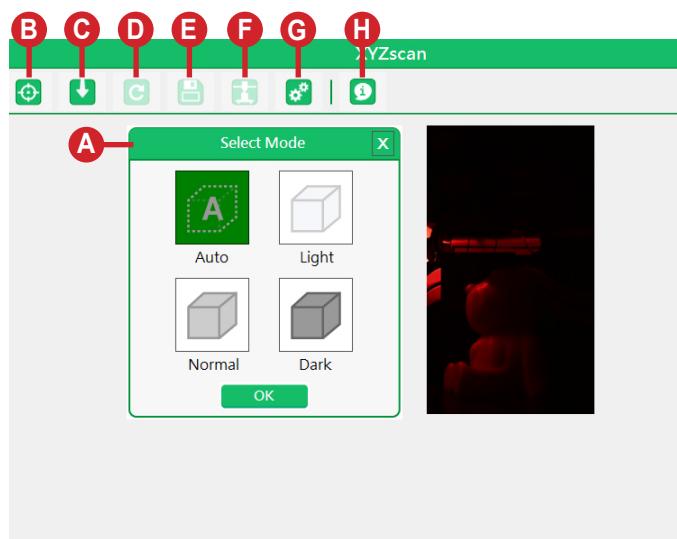


Сканирование с помощью программы XYZscan

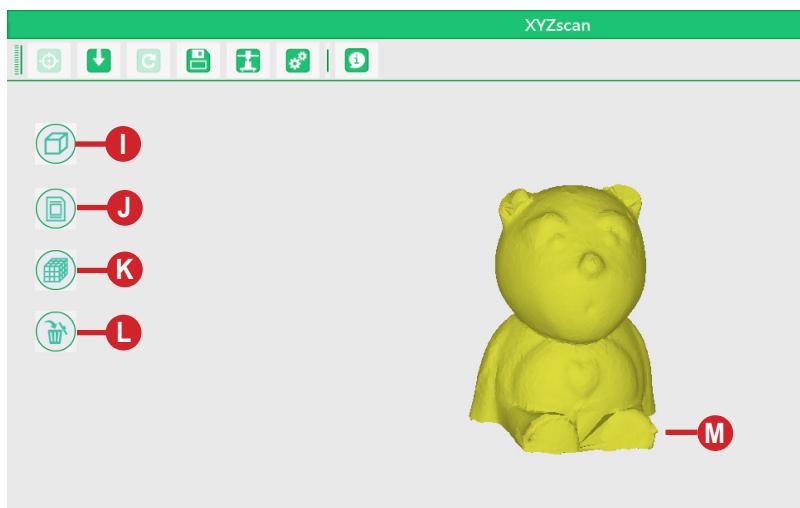
•XYZscan

Для сканирования установите на компьютер программу XYZscan. Программа установки находится на компакт-диске с программным обеспечением, ее также можно скачать с веб-сайта компании XYZprinting: <http://support.xyzprinting.com/en/Support/download> Сканирование выполняется с помощью программы XYZscan. В этой программе можно также отредактировать и сохранить отсканированную модель объекта, а также отправить ее на печать.

•Обзор программы XYZscan



- A** Выберите режим сканирования в соответствии с цветом сканируемого объекта.
Light (Светлый): для светлых объектов (например, белых).
Normal (Обычный): для объектов цветов, которые сложно классифицировать.
Dark (Темный): для темных объектов (например, коричневых).
- B** Запуск сканирования.
- C** Импорт файла .das для редактирования или импорт файла .stl.
- D** Повторное сканирование с текущими настройками.
- E** Выбор качества модели и сохранение ее в файл: сохранение отсканированного объекта в формате .das/.stl.
- F** Отправка отсканированного объекта в программу XYZware для печати.
- G** Настройка языка, калибровка.
- H** Выбор качества модели и сохранение ее в файл: сохранение отсканированного объекта в формате .das/.stl.



Основные процедуры

- 1 Выберите режим сканирования в соответствии **A** → 2 Нажмите кнопку «Scan» (Сканирование).
- 4 Нажмите кнопку «Print» (Печать), чтобы запустить **I ~ M** 3 Отредактируйте результат **B** сканирования (не обязательно).

• Рекомендованная конфигурация для сканирования

- Установите принтер на горизонтальную и устойчивую поверхность. Для достижения оптимального качества сканирования расположите принтер в темном месте так, чтобы на сканирующие модули не попадал прямой солнечный свет и свет от других источников.
- Размер сканируемого объекта (диаметр x высота): 3x3 см – 15x15 см (1,18x1,18" – 5,9x5,9")
- Вес сканируемого объекта: ≤ 3 кг (6,6 фунта)
- Для сканирования лучше подходят предметы со следующими характеристиками:
 - ◆ неподвижные объекты;
 - ◆ непрозрачные объекты;
 - ◆ объекты со светлой поверхностью, особенно белые;
 - ◆ цилиндрические объекты с плавными изгибами.
- Невозможно отсканировать подвижные или живые объекты.
- Сканирование объектов с очень тонкими выступами, острыми или вытянутыми концами, а также объектов, покрытых мехом, может быть затруднено."

• Размещение объекта

Сканируемый объект следует расположить так, чтобы в поле обзора сканирующих модулей была большая часть объекта.

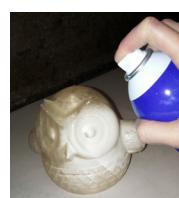
• Советы по улучшению качества сканирования

Вследствие физических ограничений некоторые объекты могут сканироваться хуже. Если не удается выполнить сканирование даже в подходящем режиме, воспользуйтесь приведенными ниже рекомендациями по улучшению качества сканирования.

Нанесите на поверхность объекта каучуковое покрытие (лучше всего белого цвета), если объект имеет высоко контрастную, глянцевую, меховую, полупрозрачную, темную поверхность (особенно черную, темно зеленую, темно синюю). (Высохшее покрытие легко снимается.)



Результат сканирования полупрозрачного объекта.



Нанесите каучуковое покрытие на полупрозрачный объект.



Результат сканирования объекта с каучуковым покрытием.

• Scanning Devices Calibration



Калибровка сканера

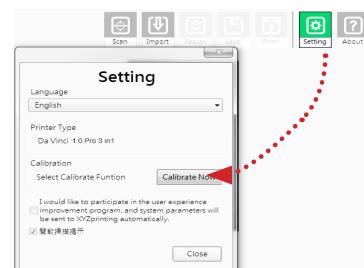
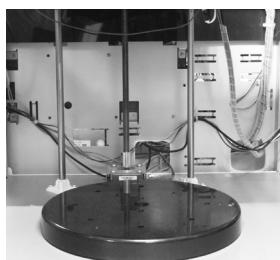


Исходная модель



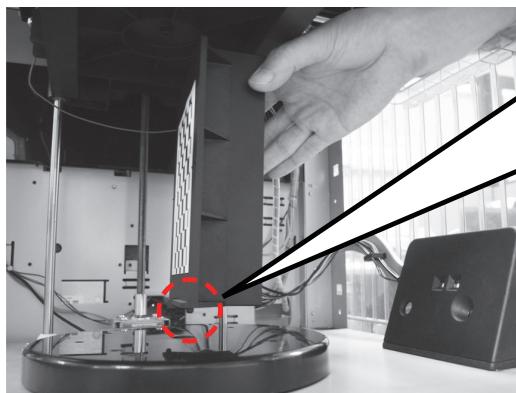
Результат сканирования до калибровки

Если сканирование дает неудовлетворительные результаты, выполните приведенную ниже процедуру калибровки сканирующих модулей.

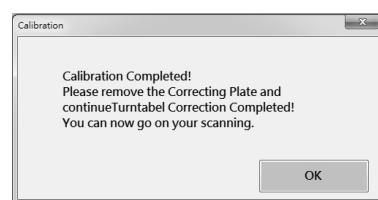
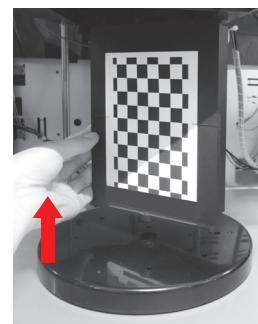
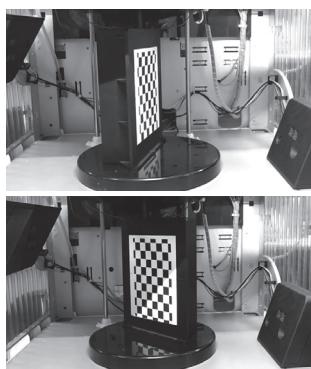


1 Снимите объект с поворотного стола.

2 В программе XYZscan нажмите кнопки «Settings» (Настройки) > «Calibrate Now» (Калибровка).



3 Дождитесь, когда в программе XYZscan отобразятся инструкции по установке калибровочной пластины. Установите пластину в центре поворотного стола (стороной с клетками к левому сканеру, поместив выступ на нижней части калибровочной пластины с отверстием в центре поворотного стола), а затем нажмите кнопку «Calibrate now» (Калибровать).



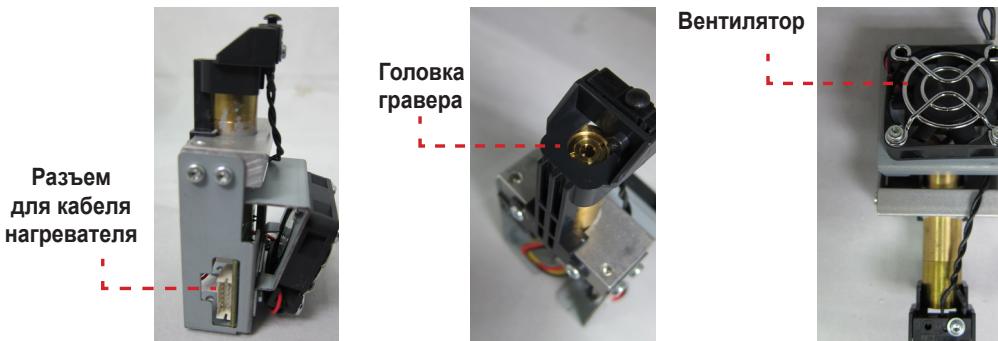
4 Дождитесь завершения калибровки программой XYZscan и принтером (это занимает приблизительно 7 минут).

5 Когда программа XYZscan сообщит о завершении калибровки, удалите калибровочную пластину и нажмите кнопку «OK» для завершения процедуры. После этого можно приступать к сканированию.

Дополнительный модуль

Модуль лазерного гравера продается отдельно.

- Внешний вид изделия

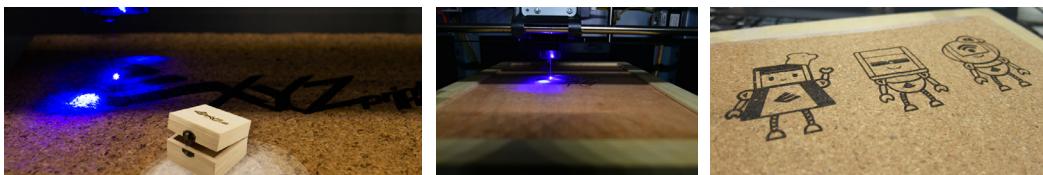


- Рекомендованные материалы для лазерной гравировки

- ◆ Бумага ◆ Картон ◆ Кожа ◆ Дерево ◆ Пластик

Примечание: не следует выполнять лазерную гравировку на светлых, белых и глянцевых поверхностях.

Наилучшие результаты гравировки достигаются на материалах серого цвета и темных цветов. Гравировку можно выполнять на пластиках (например, ПП, АБС, ПЭ). Однако не следует выполнять гравировку на прозрачных, белых и светлых материалах. Модуль гравировки может выполнять гравировку только на плоских поверхностях. Объект для гравировки должен быть расположен горизонтально на платформе. Не следует выполнять гравировку на деформированных, изогнутых и неровных предметах.



- Замена и установка модуля лазерного гравера

Перед заменой модуля экструдера модулем лазерного гравера проверьте сопло на предмет отсутствия остатков нити и удалите их при необходимости. После удаления нити выберите команду «CHANGE NOZZLE» (Смена сопла).

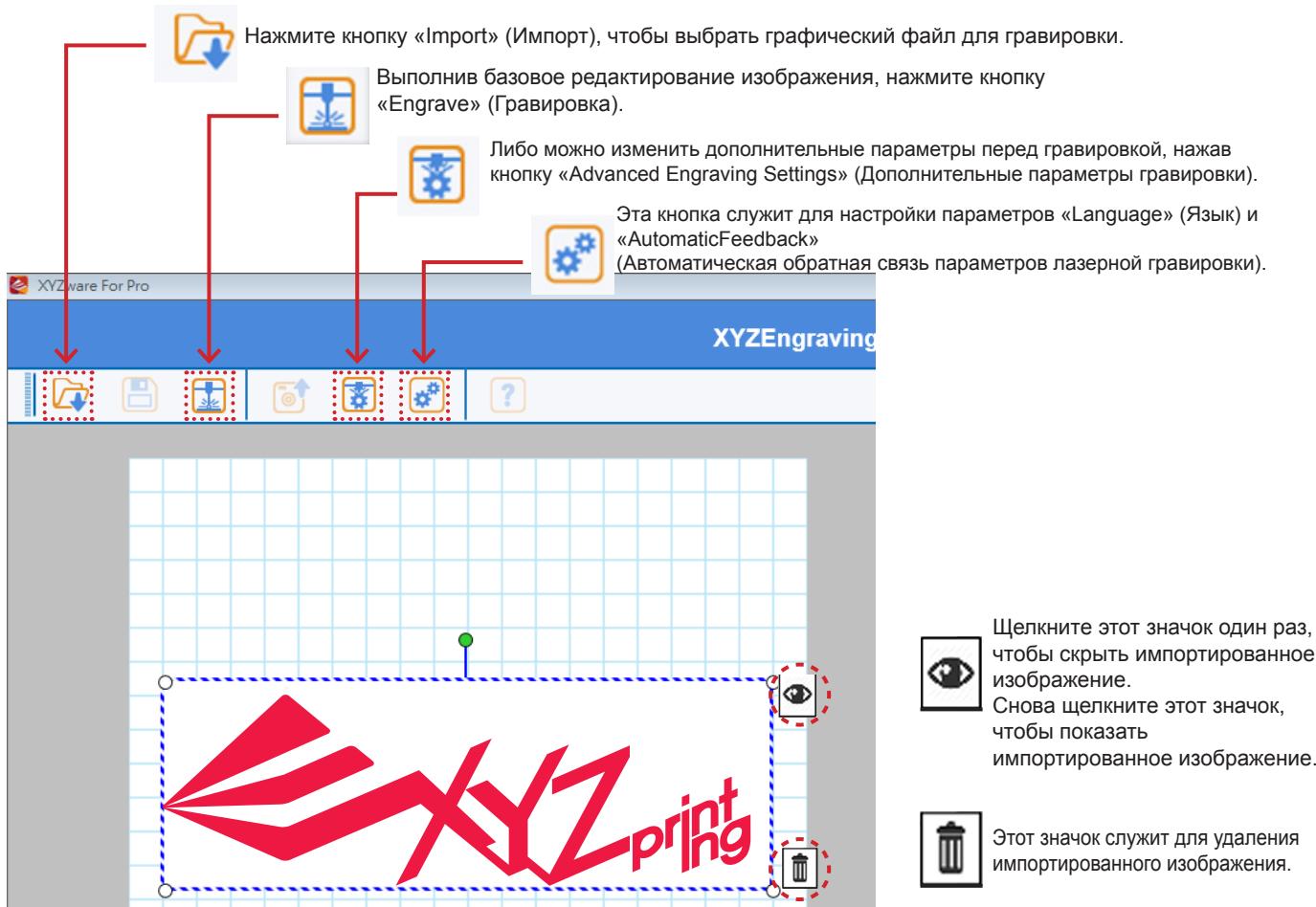
- ◆ Прежде чем выключать принтер, дождитесь отображения на панели управления сообщения, разрешающего выключить питание принтера для замены печатающего модуля.
- ◆ Отсоедините кабель нагревателя от боковой панели модуля экструдера.
- ◆ Отведите быстроразъемный фиксатор, чтобы высвободить модуль экструдера. Наклоните модуль и извлеките его из посадочного гнезда.
- ◆ Установите модуль лазерного гравера. Удостоверьтесь, что модуль установлен в надлежащей ориентации, затем подсоедините кабель нагревателя.
- ◆ Отведите быстроразъемный фиксатор. Наклоните модуль лазерного гравера и вставьте его в посадочное гнездо.
- ◆ В завершение прижмите быстроразъемный фиксатор и удостоверьтесь, что модуль надежно закреплен рычагом фиксатора в надлежащем положении.
- ◆ На этом процедура установки (снятия) модуля лазерного гравера завершена. Поместите модуль экструдера на хранение в подходящее место.

- Функции программы для лазерной гравировки

Установив лазер модульного гравера, запустите программу XYZware for Pro. Выберите функцию лазерной гравировки с помощью кнопки в верхнем правом углу панели инструментов.

Импортируйте и отредактируйте изображение для гравировки, настройте эффекты лазерной гравировки и запустите процесс гравировки.

- Описание функций:



- Нажмите кнопку «Edit» (Изменить). Отобразится окно настройки параметров лазерного гравера.

Можно выбрать режим векторной или пиксельной гравировки (по умолчанию в программе задан векторный режим). Задайте скорость гравировки, количество проходов гравировки, чувствительность трассировки контуров и чувствительность определения глубины.

- Приостановка и отмена лазерной гравировки

ПАУЗА: нажмите кнопку «PAUSE» (Пауза), чтобы приостановить процесс лазерной гравировки.

ВОЗОБНОВЛЕНИЕ: чтобы возобновить приостановленную гравировку, нажмите кнопку «RESUME» (Возобновить). Отобразится запрос на возобновление процесса гравировки. Нажмите кнопку «YES» (Да), чтобы возобновить процесс лазерной гравировки.

ОТМЕНА: чтобы отменить операцию лазерной гравировки, нажмите кнопку «CANCEL» (Отмена). Отобразится запрос отмены процесса лазерной гравировки. Нажмите кнопку «YES» (Да), чтобы отменить процесс лазерной гравировки.

- Характеристики лазера

Длина волны лазера	450nm+5nm/-10nm InGaN	Длина волны лазера	350mW ± 10%
Класс мощности лазера	3B	Диаметр луча	≤ 1mm
Область гравировки	20 x 20 cm	Тип файла	JPG / PNG / GIF / BMP
Режим работы	Непрерывное излучение (CW)		

Дополнительные сведения о настройках и способах лазерной гравировки см. в «Laser Engraving Module User Manual» (Руководстве по эксплуатации модуля лазерного гравера).

Сведения о поддержке

В случае возникновения проблем при использовании принтера см. приведенные ниже рекомендации по устранению неполадок. Если проблему не удается устранить, обратитесь в сервисный центр.

Сообщения об ошибках и действия по их устранению

В случае возникновения проблем соответствующий сервисный код отобразится на экране принтера и (или) в интерфейсе программного обеспечения. Ниже приведены описания сервисных кодов для предварительного ознакомления.

Сервисный код	Неполадка	Решение
0 0 0 3 (ПО)	Проблема с нагревом платформы	Проверьте работоспособность нагревателя, а также правильность установки и работоспособность датчика и нагревательного стержня. Проблемы могут возникнуть, если принтер эксплуатируется при температуре ниже 25 °C . Переместите принтер в помещение с допустимой температурой окружающего воздуха.
0 0 0 7 (ПО)	На экране принтера отображается сообщение «UNIDENTIFIED CARTRIDGE» (Не опознан картридж), указывающее на неисправность чипа картриджа с нитью.	Переустановите или замените картридж с нитью.
0 0 0 8 (ПО)	На экране принтера отображается сообщение «UNIDENTIFIED CARTRIDGE» (Не опознан картридж), указывающее на неисправность чипа картриджа с нитью.	Переустановите или замените картридж с нитью.
0 0 1 0	Проблема с нагревом платформы	Проверьте работоспособность нагревателя, а также правильность установки и работоспособность датчика и нагревательного стержня. Проблемы могут возникнуть, если принтер эксплуатируется при температуре ниже 25 °C . Переместите принтер в помещение с допустимой температурой окружающего воздуха.
0 0 1 1	Проблема с нагревом экструдера	Проверьте работоспособность сопла, а также правильность установки и работоспособность датчика и нагревательного стержня. Проблемы могут возникнуть, если принтер эксплуатируется при температуре ниже 25 °C . Переместите принтер в помещение с допустимой температурой окружающего воздуха.
0 0 1 3	Проблема с нагревом платформы	Проверьте работоспособность нагревателя, а также правильность установки и работоспособность датчика и нагревательного стержня. Проблемы могут возникнуть, если принтер эксплуатируется при температуре ниже 25 °C . Переместите принтер в помещение с допустимой температурой окружающего воздуха.
0 0 1 4	Проблема с нагревом экструдера	Проверьте работоспособность сопла, а также правильность установки и работоспособность датчика и нагревательного стержня. Проблемы могут возникнуть, если принтер эксплуатируется при температуре ниже 25 °C . Переместите принтер в помещение с допустимой температурой окружающего воздуха.
0 0 2 8 (ПО)	НЕТ КАРТРИДЖА. <small>(Картридж с нитью не установлен в должным)</small>	Заново загрузите нить в принтер или замените картридж с нитью.
0 0 2 9 (ПО)	КАРТРИДЖ ПУСТ.	Незамедлительно замените картридж с нитью.
0 0 3 0	Наружено перемещение по оси X.	Проверьте соединения электродвигателя и датчика. Проверьте положение датчика.
0 0 3 1	Наружено перемещение по оси Y.	Проверьте соединения электродвигателя и датчика. Проверьте положение датчика.
0 0 3 2	Наружено перемещение по оси Z.	Проверьте соединения электродвигателя и датчика. Проверьте положение датчика.
0 0 5 0	Внутренняя ошибка запоминающего устройства	Перезапустите принтер.
0 0 5 1	Ошибка доступа к флэш-памяти	Перезапустите принтер.
0 0 5 2	Ошибка внутренней памяти сопла	Обратитесь в сервисный центр.

Сведения о поддержке

Ошибка	Рекомендованные действия
Принтер занят.	Повторите операцию после выполнения текущего задания и ознакомьтесь с информацией, которая отображается на экране принтера.
Не удается обновить прошивку принтера.	Проверьте подключение к Интернету. Обновите прошивку позднее.
Засорено сопло.	Удалите нить, чтобы очистить сопло, после чего снова загрузите нить.
Не удается загрузить нить в принтер.	Удалите и снова загрузите нить
НЕТ КАРТРИДЖА. Картридж с нитью не установлен должным образом.	Заново загрузите нить в принтер или замените картридж с нитью.
КАРТРИДЖ ПУСТ. Нить закончилась до начала печати: осталось 0%.	Незамедлительно замените картридж с нитью.
НЕДОСТАТОЧНО НИТИ. Осталось мало нити: 30%.	Замените нить при необходимости.
НИТЬ ЗАКОНЧИЛАСЬ. Нить закончилась в процессе печати: осталось 0%.	Незамедлительно замените картридж с нитью.

Техническое обслуживание и ремонт

* Сохраните оригинальные упаковочные материалы на случай транспортировки принтера на ремонт в течение гарантийного срока.

Если вместо этого использовать другие упаковочные материалы, принтер может получить повреждения в процессе транспортировки. В таком случае компания XYZprinting имеет право взять плату за ремонт.

Соответствие правилам Федеральной комиссии по связи США (FCC)

Предупреждаем, что внесение изменений и модификаций, явно не одобренных стороной, ответственной за соблюдение нормативных требований, могут повлечь лишение пользователя права на использование данного прибора.

Данный прибор прошел испытания и признан соответствующим ограничениям для цифровых приборов Класса B согласно Разделу 15 правил FCC. Целью этих ограничений является обеспечение приемлемой защиты от помех при установке оборудования в жилых помещениях. Данный прибор генерирует, использует и может излучать радиочастотную энергию, и в случае нарушения инструкций по установке или эксплуатации может создавать помехи для радиосвязи. Однако даже при соблюдении всех инструкций по монтажу нельзя гарантировать, что в некоторых случаях не возникнут помехи. Если данный прибор создает помехи для приема телевизионных или радиосигналов, что можно проверить, выключив и включив данный прибор, пользователю рекомендуется попытаться устранить помехи с помощью следующих мер:

- изменить ориентацию или местоположение приемной антенны;
- увеличить расстояние между приемником и данным прибором;
- подключить данный прибор к розетке в цепи, отличной от той, к которой подключен приемник;
- обратиться за помощью к продавцу данного прибора или опытному специалисту по телевизионной и радиотехнике.

Компания XYZprinting не несет ответственности за какие-либо помехи для приема радио- и телевизионных сигналов, вызванные использованием не рекомендованных кабелей и разъемов, а также неразрешенными изменениями и модификациями данного прибора. Внесение неразрешенных изменений и модификаций может повлечь потерю пользователем права на эксплуатацию данного прибора.

Данный прибор соответствует требованиям Раздела 15 правил FCC. Эксплуатация данного прибора допускается при соблюдении следующих двух условий: (1) данный прибор не должен создавать помех; (2) данный прибор должен принимать все помехи, включая помехи, которые могут нарушить его нормальную работу.

Данный прибор соответствует установленным FCC ограничениям на воздействие излучения для неконтролируемых условий и также соответствует требованиям относительно радиочастотного излучения Раздела 15 правил FCC. Данный прибор должен быть установлен и эксплуатироваться в соответствии с прилагающимися инструкциями, а антenna (антенны), используемая с данным передатчиком должна быть установлена на расстоянии не менее 20 см от любых лиц и не должна размещаться или эксплуатироваться вместе с другими антеннами или передатчиками. Конечные пользователи и лица, осуществляющие установку, должны иметь инструкции по установке антенн и соблюдать ограничения по совместному размещению оборудования.



Руководство пользователя XYZware



Анонсирование

Пункт об обязательствах

Хотя мы стараемся, чтобы руководство было правильно составлено, а работа изделия устойчивой, компания XYZprinting ни при каких условиях не несет ответственности за специальные, прямые и косвенные, случайные и не случайные повреждения (в том числе потерю данных вашего компьютера). Перед использованием данного программного обеспечения настоятельно рекомендуется сделать резервную копию или сохранить свои данные на другие носители, чтобы предотвратить их потерю и порчу.

Товарные знаки

Все зарегистрированные и незарегистрированные товарные знаки являются собственностью их владельцев.

История печати

Последние редакции этого руководства содержат новый и измененный материал предыдущей редакции. Незначительные корректировки и обновления могут входить в переиздания текущей редакции без изменения даты публикации и номера редакции.

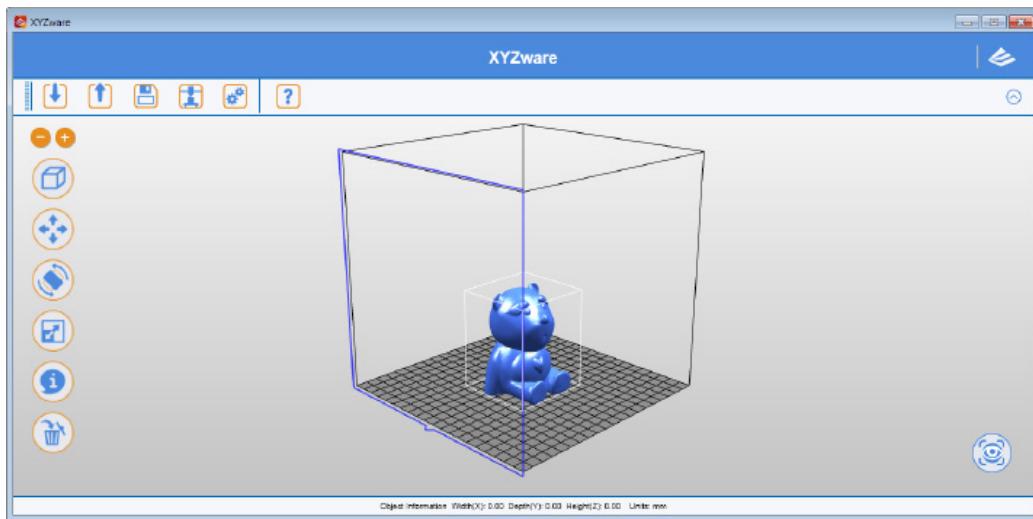
Редакция документа	Месяц	Год
3.1	12	2016

План

1. О программе XYZware.....	5
2. Системные требования.....	6
3. Инструкция по установке.....	7
4. Быстрое начало работы	8
4.1 Напечатайте одноцветную модель или модели	8
4.2 Напечатайте двухцветную модель или модели.....	10
5. Функции	11
5.1 Вид.....	11
5.2 Перемещение	12
5.3 Вращение	12
5.4 Масштаб	13
5.5 Информация	13
5.6 Удаление	15
5.7 Напоминание	15
6. Настройка принтера	16
6.1 Печать.....	16
6.2 Принтер	16
6.3 Качество	17
6.4 Плот	17
6.5 Опора.....	18
6.6 Дополнительные параметры	18
6.7 Профили.....	19
6.8 3D-плотность.....	19
6.9 Каркас.....	20
6.10 Высота слоя	21
6.11 Скорость	22
7. Другие функции.....	22
7.1 Сохранение файла	22
7.2 Экспорт файла	23
8. Настройка и обновление.....	23
8.1 Смена языка.....	23
8.2 Предварительный просмотр цвета печати	24
8.3 Настройка типа принтера.....	24
8.4 Автоматическое положение объектов.....	24
8.5 Обновление прошивки	25
9. Режим монитора	25
10. Напоминание о техобслуживании	26

11. XYZware Pro	27
11.1 Принтер	28
11.1.1 Мой принтер	28
11.1.2 Профиль принтера	28
11.1.3 Температура	29
11.2 Общие	30
11.2.1 Толщина слоя	30
11.2.2 Толщина каркаса	31
11.2.3 Заполнение	36
11.3 Скорость	38
11.3.1 Каркас	38
11.3.2 Заполнение	39
11.3.3 Другие	39
11.4 Опоры	40
11.4.1 Плот и край	40
11.4.2 Опоры	42
11.5 Отвод	42
11.5.1 Длина отвода	43
11.5.2 Порог активации	43
11.5.3 Высота подъема при отводе экструдера	43
11.5.4 Добавление нити после перемещения < отвода	43
11.6 Коэффициент выхода	43
11.6.1 Коэффициент выхода оболочки	43
11.6.2 Коэффициент выхода заполнения	44
12. Режим многоцветной печати в приложении XYZware	44
12.1 Настройки принтера	45
12.2 Интерфейс пользователя и панель инструментов	45
12.3 Режим смещивания	46
12.4 Многоцветный режим	48
12.5 Зона смещивания	49

1. О программе XYZware



Программа XYZware — новое приложение, внедренное компанией XYZprinting, для проектирования, настройки и печати цифровых 3D-моделей. Объекты можно импортировать в файл "*.stl" и создавать реалистичные моделирующие предметы.

Программа XYZware, кроме использования с 3D-принтером da Vinci, создана компанией XYZprinting для быстрой печати нереальных изделий. Программа снимает технические ограничения традиционного производства и вносит в процесс печати элементы творчества.

Для пользователей операционной системы Mac OS

Пользователи Mac OS могут найти совместимое программное обеспечение на основном компакт-диске, поставляемом с принтером, или на веб-сайте. Сведения о последней версии или технической поддержке содержатся на веб-сайте компании XYZprinting: <http://support.xyzprinting.com/>



2. Системные требования

Убедитесь, что ваша операционная система удовлетворяет следующим требованиям.

Программное обеспечение	Операционная система	(ПК) Windows XP (требуется .Net 4.0) Windows 7 / Windows 8+
		(Mac) Mac OSX 10.8+ 64-разрядная выше
Аппаратные средства	Требования к аппаратным средствам	Минимальные системные требования: Память: 512 МБ, накопитель: 100 МБ или больше Разрешение монитора: 1024 x 768
		Рекомендуемые системные требования: Память: 2 ГБ, накопитель: 500 МБ или больше

Микропрограмма и программное обеспечение сторонних разработчиков

Примечание. Если стандартный драйвер VGA в операционной системе или графическая карта не поддерживают OpenGL 2.1, это может вызвать неизвестную ошибку в программе XYZware.

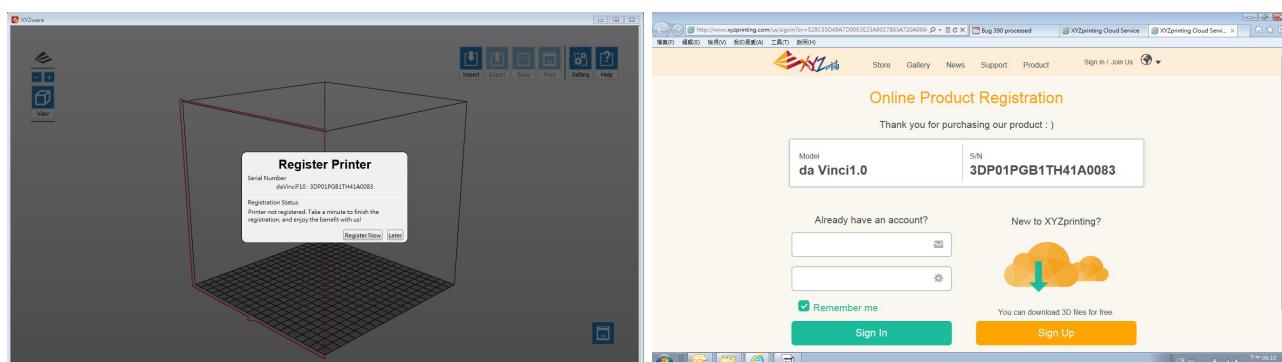
О .Net Framework

В операционной системе Windows работа программы XYZware становится более устойчивой и плавной при использовании платформы .Net Framework, установленной в системе. По опыту разработки и тестированию программного обеспечения старая версия .Net Framework может нарушить установку программы XYZware. Настоятельно рекомендуется проверить, установлена ли платформа .Net Framework 4.0 или выше и получила ли она необходимые обновления. Дополнительные сведения о .Net Framework см. на сайте компании Microsoft.

Регистрация в Интернете

При первом использовании 3D-принтера подключите его компьютеру и зарегистрируйте изделие в Интернете с помощью программы XYZware. После регистрации можно загрузить последнюю версию XYZware, а также получить необходимые сведения об обновлениях.

- Шаг 1. В программе XYZware нажмите "Register Now" (Зарегистрировать сейчас)
- Шаг 2. На странице регистрации XYZware заполните все требуемые поля.



3. Инструкция по установке

Перед эксплуатацией принтера сначала установите программу XYZware. Программу установки можно найти на диске в комплекте. Дополнительные сведения, информация о технической поддержке, системные обновления находятся на сайте компании XYZprinting: <http://www.xyzprinting.com>



Затем на вашем экране появится мастер установки программы XYZware. Следуйте инструкциям, отображаемым на экране, чтобы завершить установку.

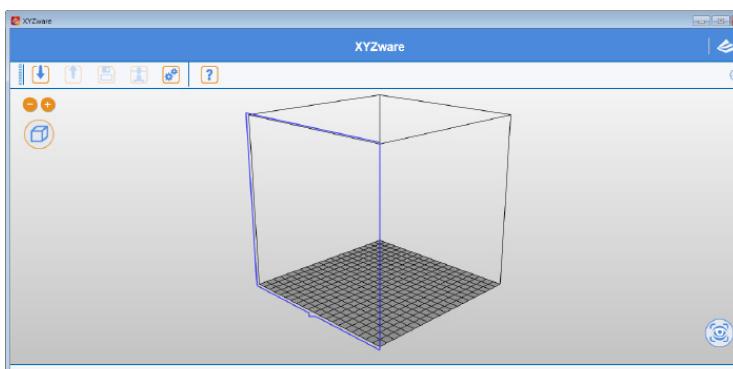


(Setup.exe)

Кроме того, программу можно установить вручную. Откройте проводник и найдите файл Setup.exe, показанный ниже на вашем диске. Дважды нажмите левой кнопкой мыши на файле Setup.exe.



Поздравляем! Установка завершена! Теперь вы можете запустить программу XYZware с рабочего стола, создать объект и начать печать.



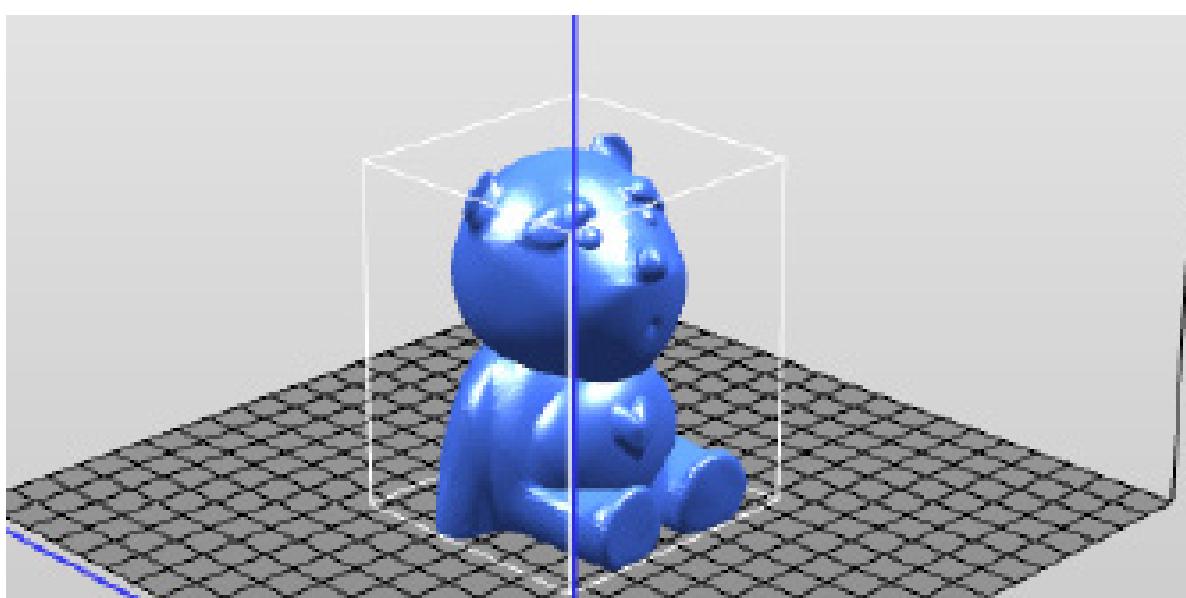
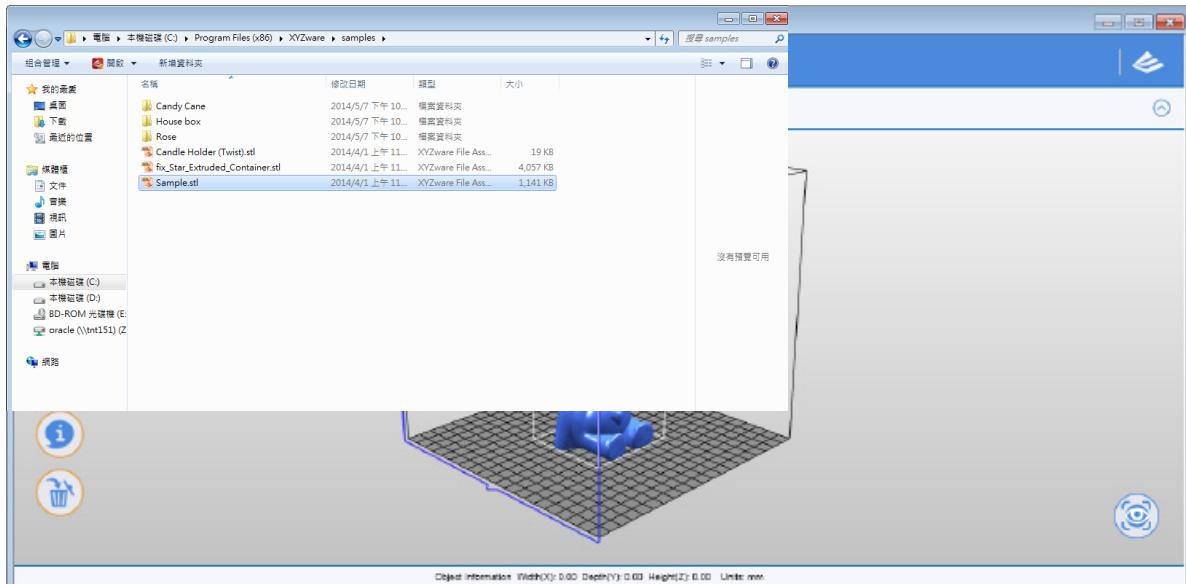
4. Быстрое начало работы

Пользуйтесь настоящим документом как руководством по 3D-печати. Прежде чем печатать из программы XYZware принтер da Vinci необходимо подключить к компьютеру. Перед работой в программе XYZware подключите принтер к компьютеру.

Перед импортом файла .stl рекомендуется установить флагок Setting (Настройка) вверху справа. Доступен выбор языка дисплея, тип принтера и другие параметры для удобной работы. Подробные сведения по настройке см. в разделе 8 «Настройка и обновление». Ниже приводится демонстрация быстрой печати на принтере da Vinci 1.0A:

4.1 Напечатайте одноцветную модель или модели Напечатайте первый объект

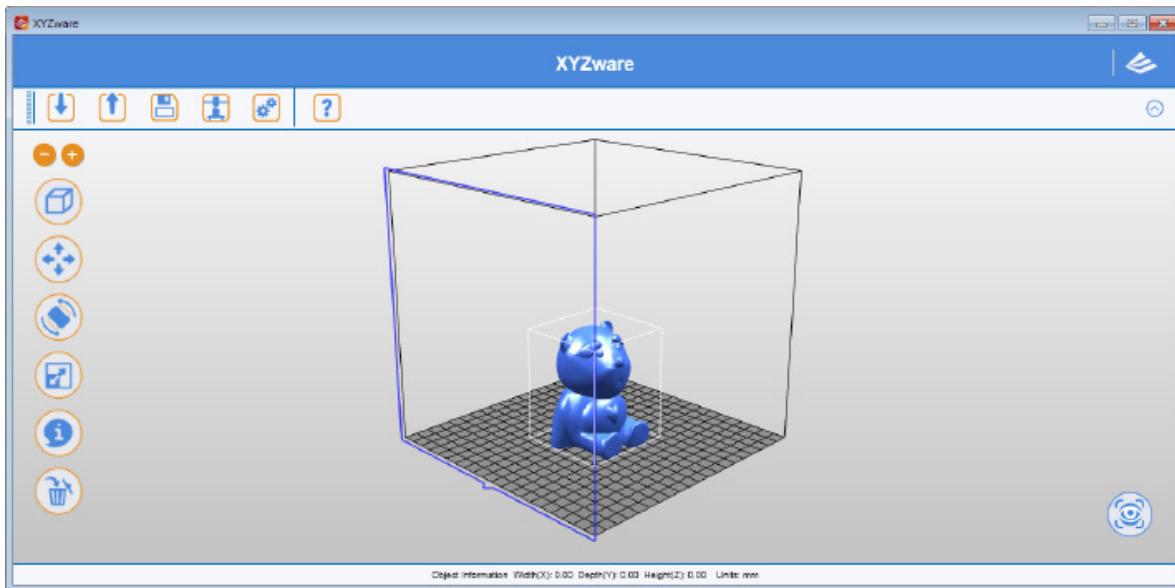
Нажмите значок «Импорт», чтобы выбрать файлы для 3D-печати. В следующих инструкциях используется файл Sample.stl в качестве примера печати 3D-объекта.



(Файл образца: Sample.stl)

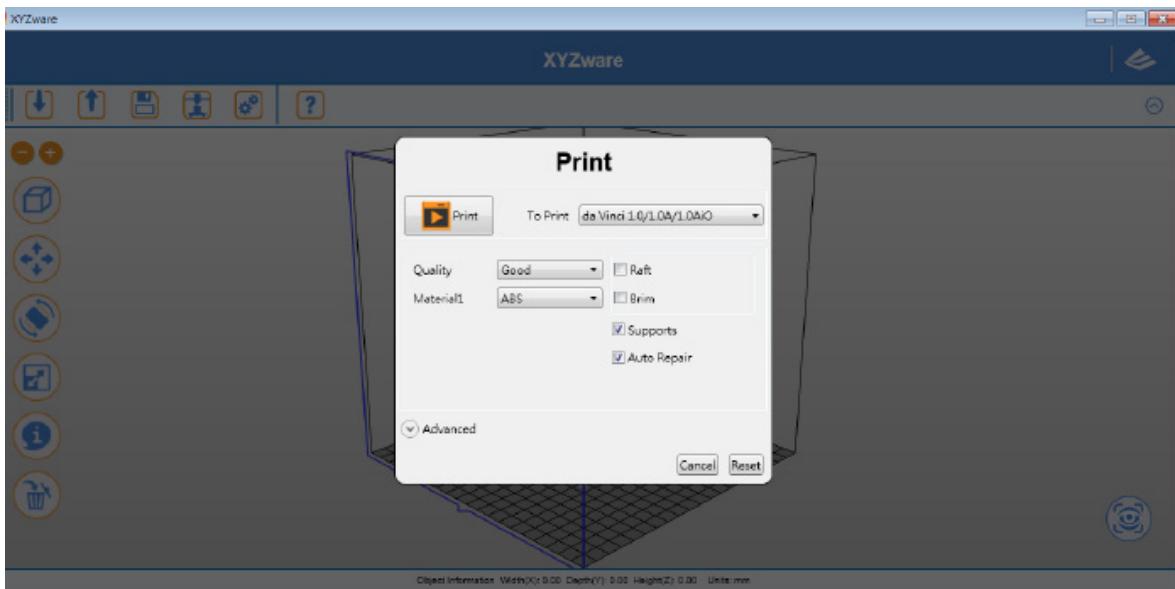
Изменение и регулировка

Объект можно перемещать, изменять его размер, вращать, используя значки, отображаемые слева. Подробнее см. в следующем разделе «Функции».



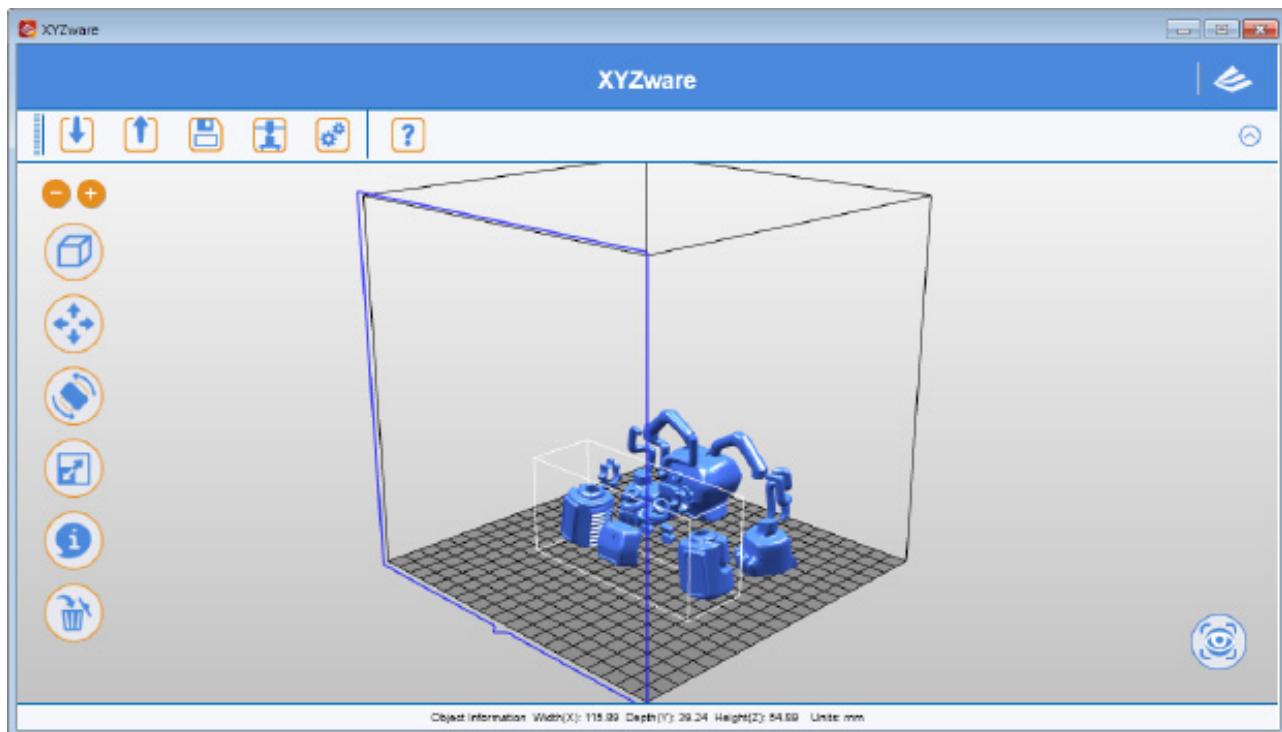
Объекты печати

После завершения изменения объекта нажмите значок Print (Печать), чтобы подготовить свой файл. Параметры печати можно изменить, чтобы они соответствовали вашим требованиям. Дополнительные сведения см. в разделе «Настройка печати».

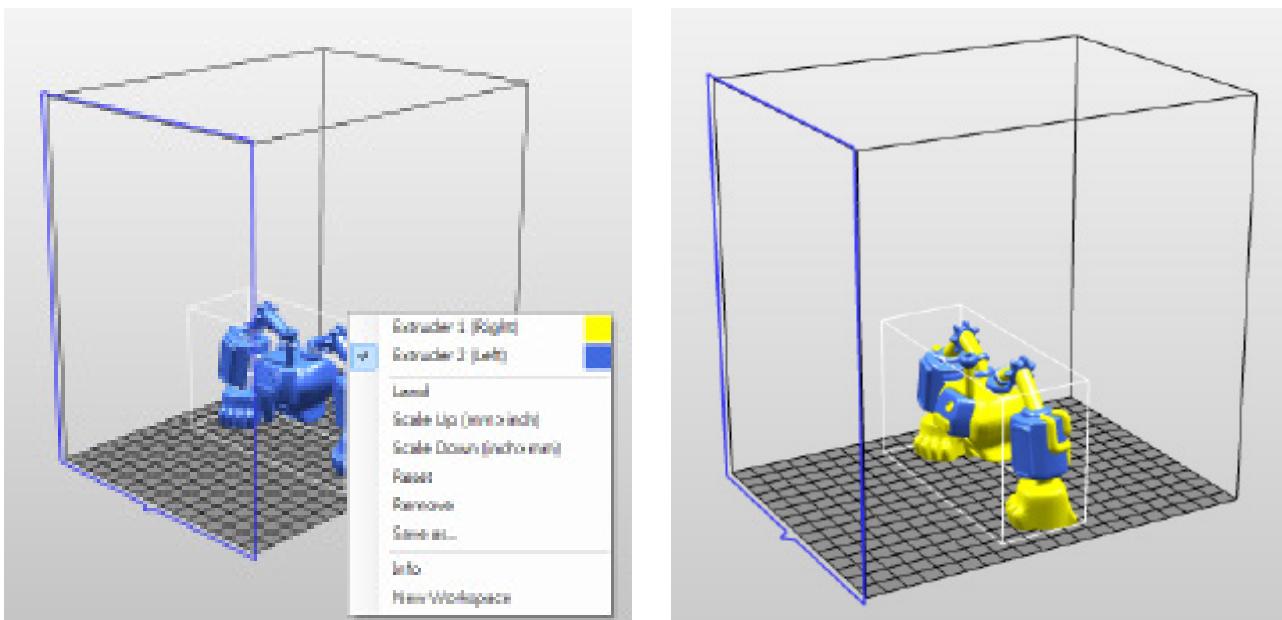


4.2 Напечатайте двухцветную модель или модели

Чтобы напечатать двухцветную модель на принтере da Vinci 2.0A Duo, необходимо импортировать 2 отдельных объекта .stl, из которых создается полная модель.

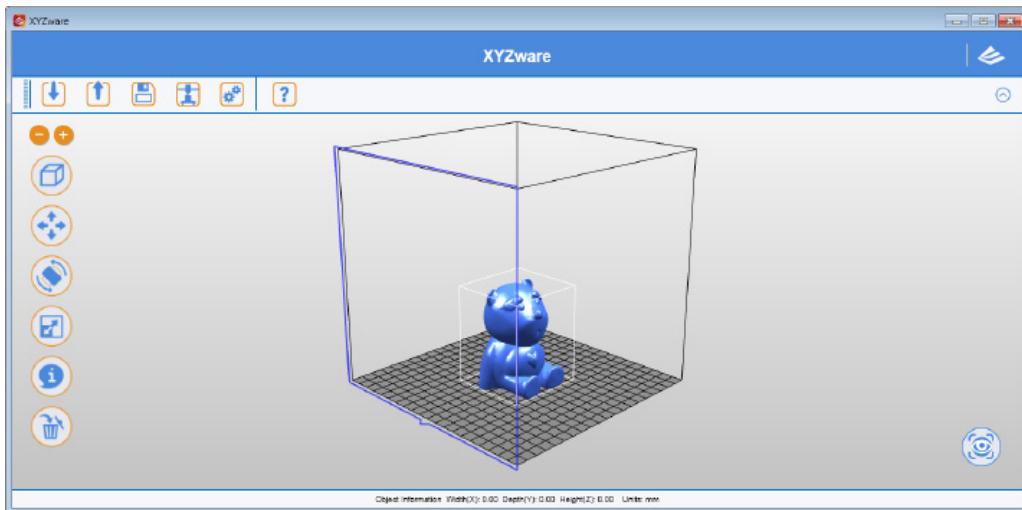


По умолчанию при печати объекта из любого файла .stl будет использоваться экструдер 1. Необходимо назначить, чтобы один из объектов печатался с помощью экструдера 2. Для этого просто нажмите правую кнопку мыши на модели и выберите из меню экструдер 2.



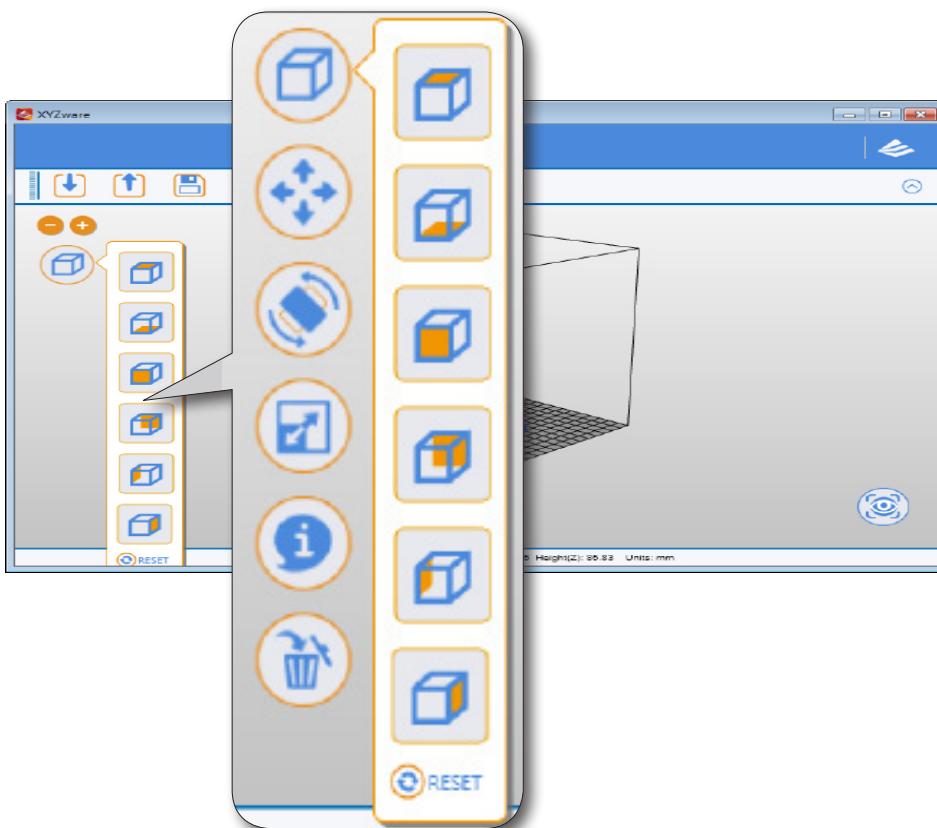
5. Функции

В этом разделе объясняется назначение значков слева.



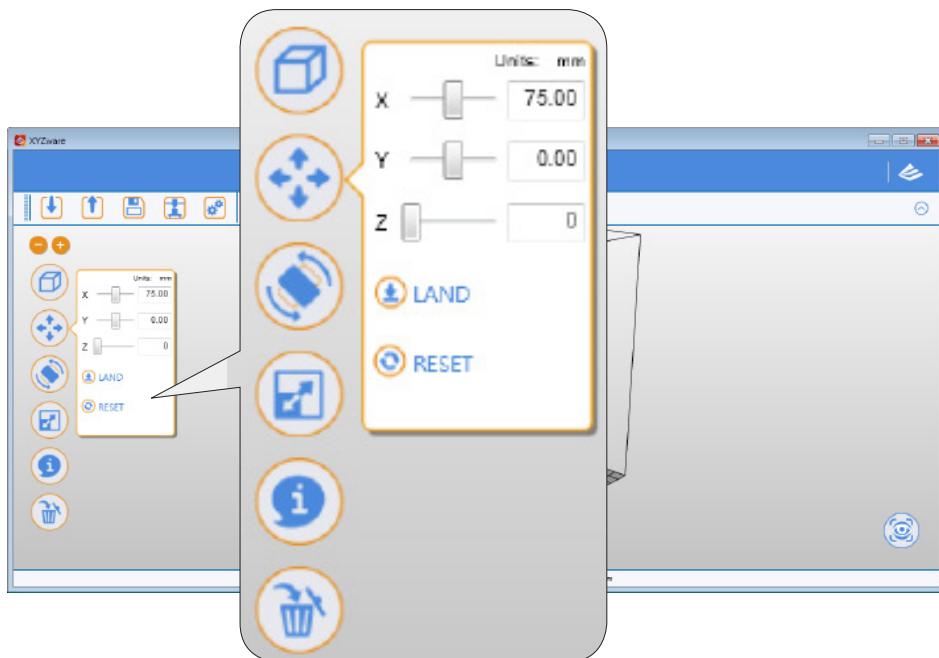
5.1 Вид

Альтернативный вариант: Переключение видов удерживанием и перетаскиванием мышью.

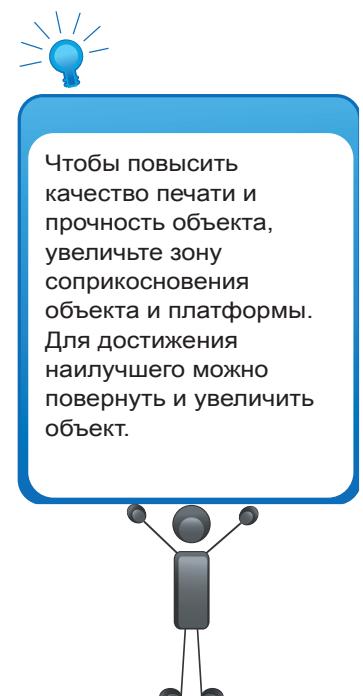
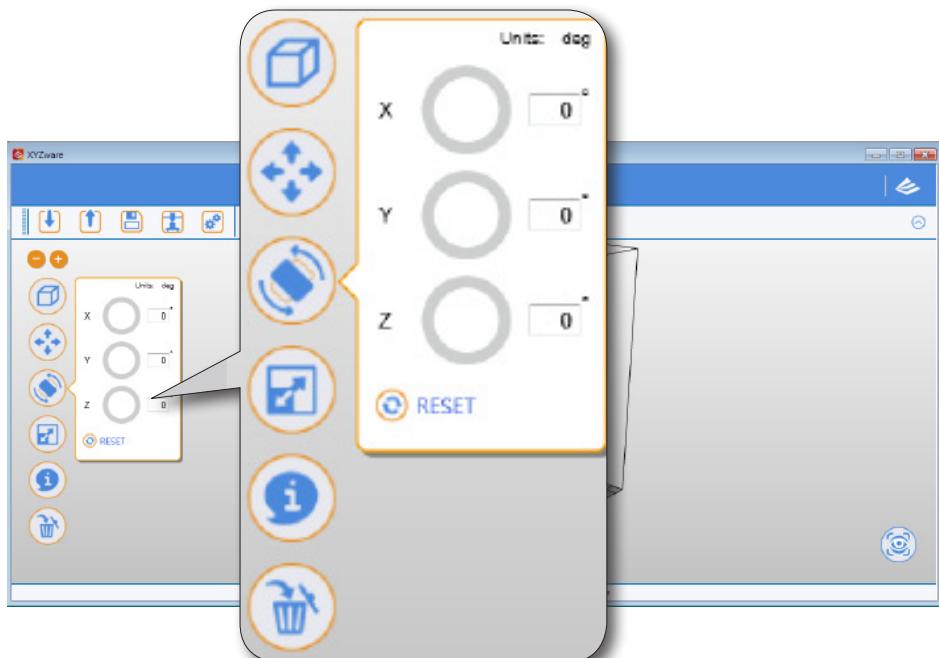


5.2 Перемещение

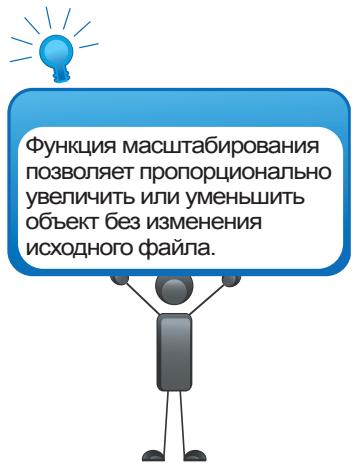
Альтернативный вариант: Перемещение 3D-объекта удерживанием клавиши ALT и кнопки мыши с последующим перетаскиванием.



5.3 Вращение

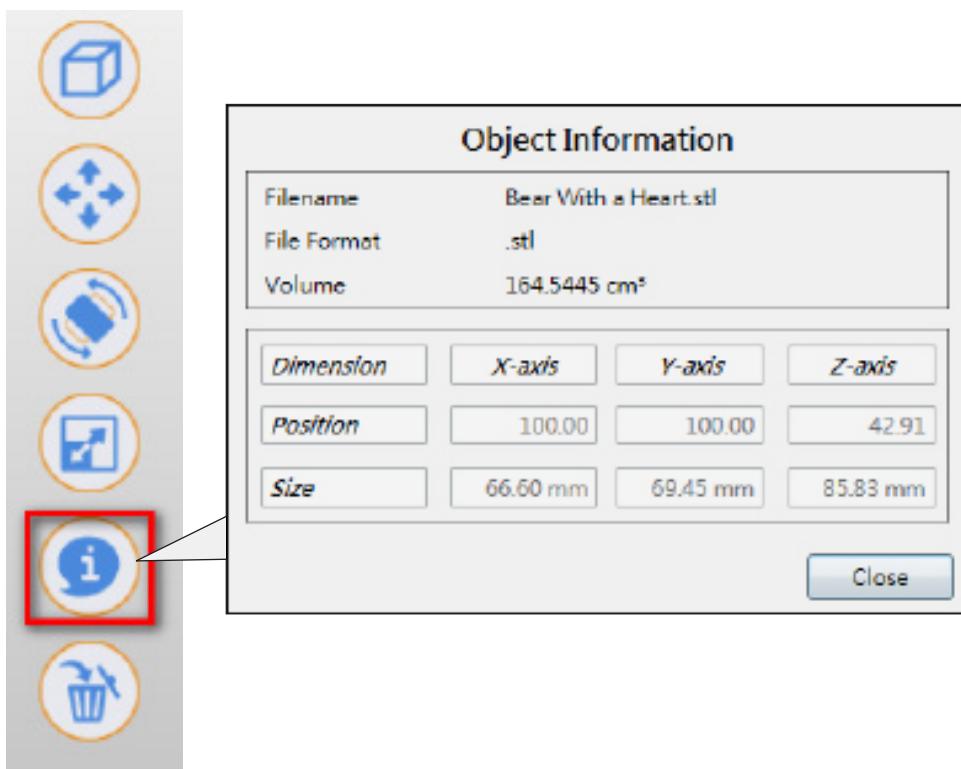


5.4 Масштаб



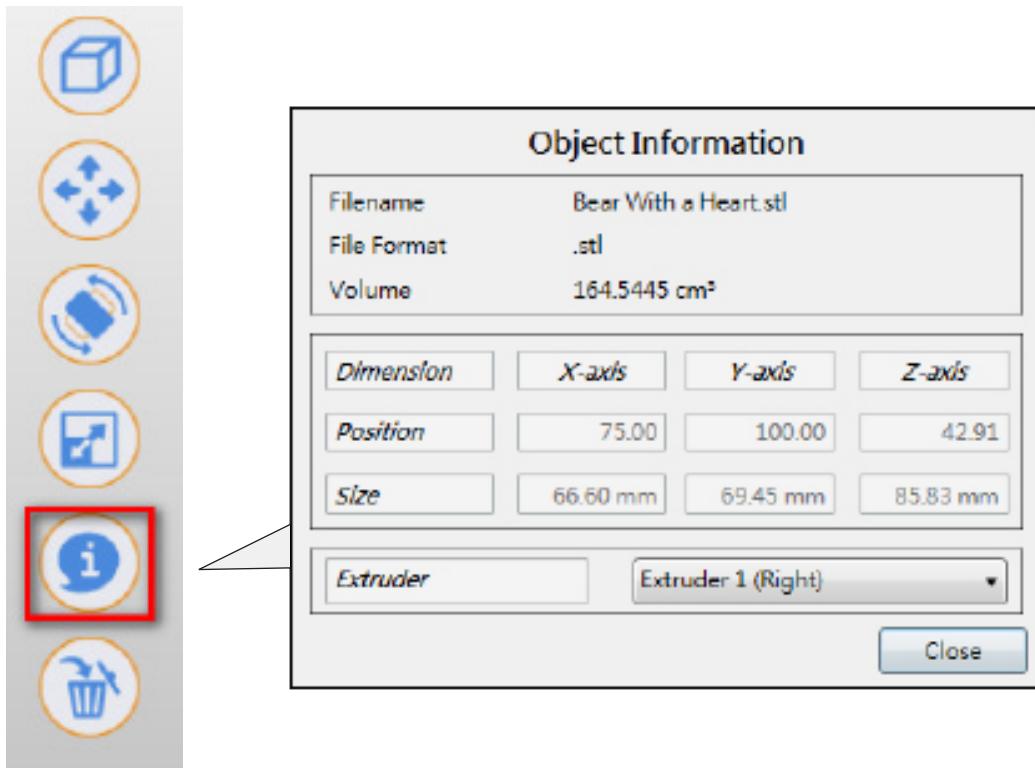
5.5 Информация

Просмотр информации о файле .stl объекта, находящегося на платформе печати принтера da Vinci 1.0A



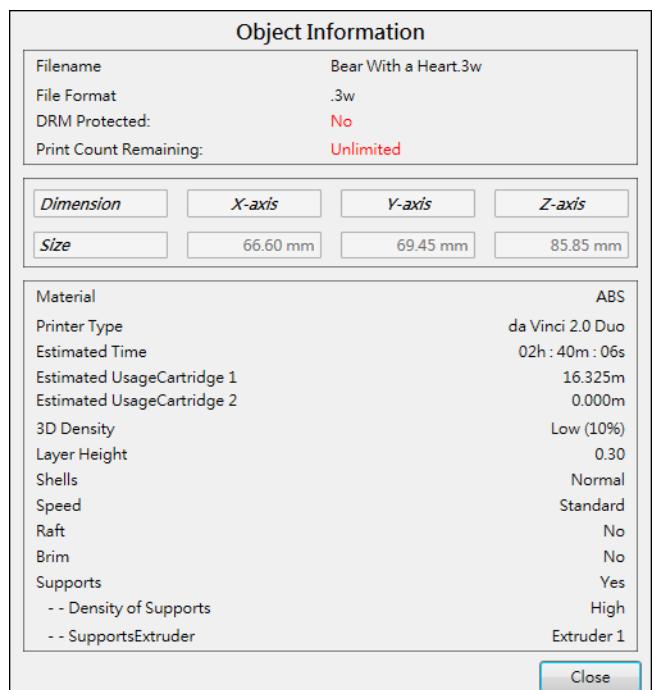
Просмотр информации файла .stl объекта, находящегося на платформе печати принтера da Vinci 2.0A Duo

Чтобы переназначить экструдер (для выходного файла .stl), его нужно выбрать в окне.

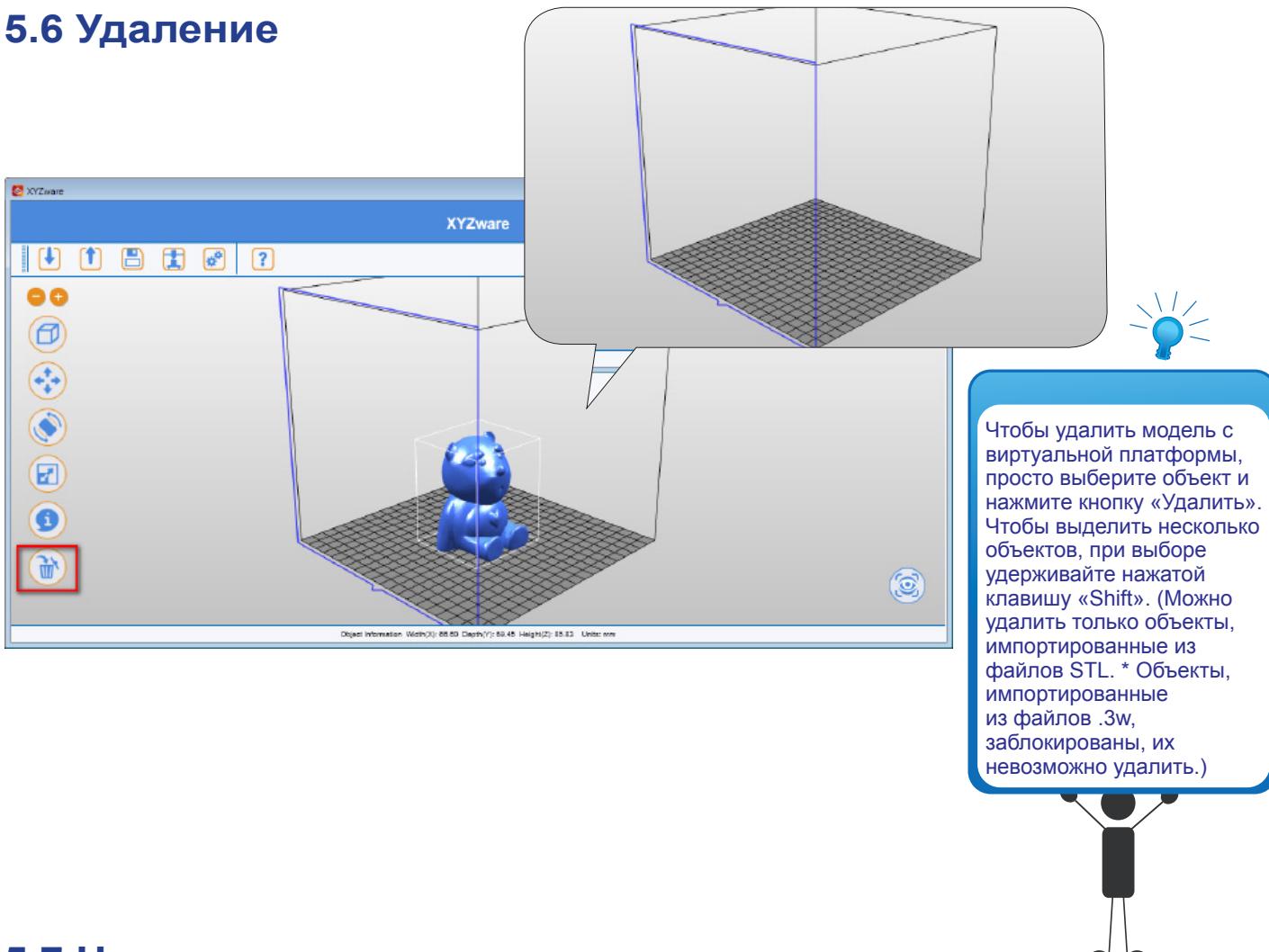


Просмотр сведений о файле .3w

В этом окне отображаются параметры печати при экспорте файла. Чтобы изменить любой из параметров этого файла, импортируйте исходный файл 8.STL и экспортируйте в *.3w с новыми выбранными параметрами.

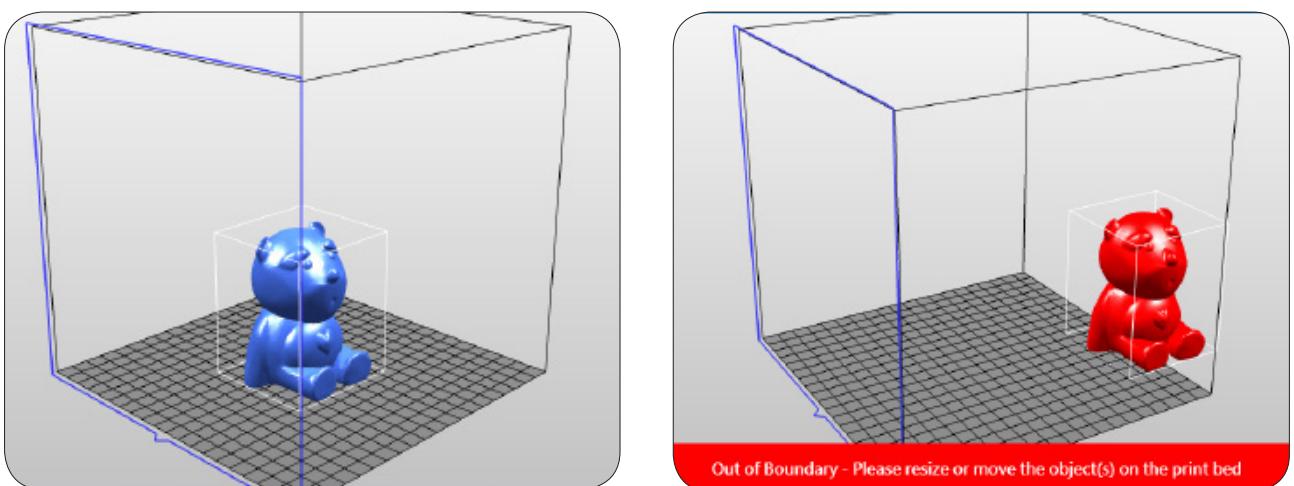


5.6 Удаление



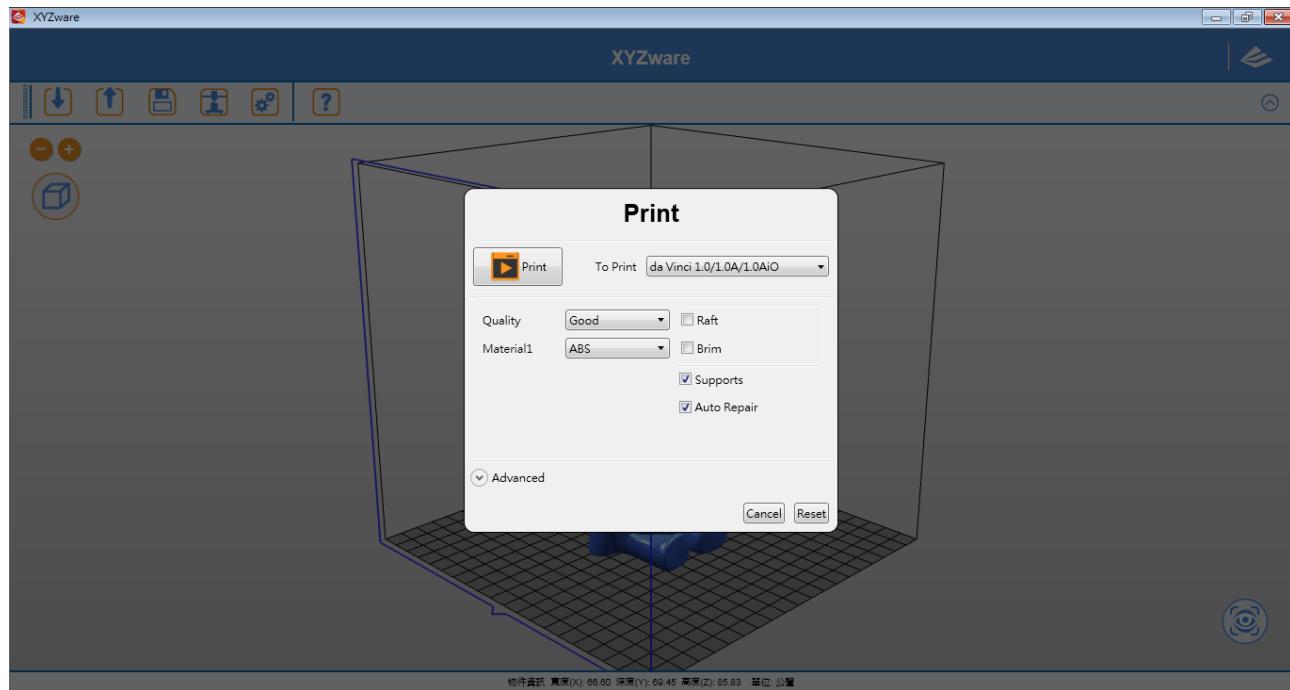
5.7 Напоминание

Программа XYZware автоматически обнаружит любой неправильно установленный объект и пометит его отличительным цветом, чтобы не печатать.



6. Настройка принтера

Вы можете скорректировать результаты печати изменением настроек. Например, понижение скорости печати и установка флашка "Supports" (Опоры) приведут к повышению качества печати.

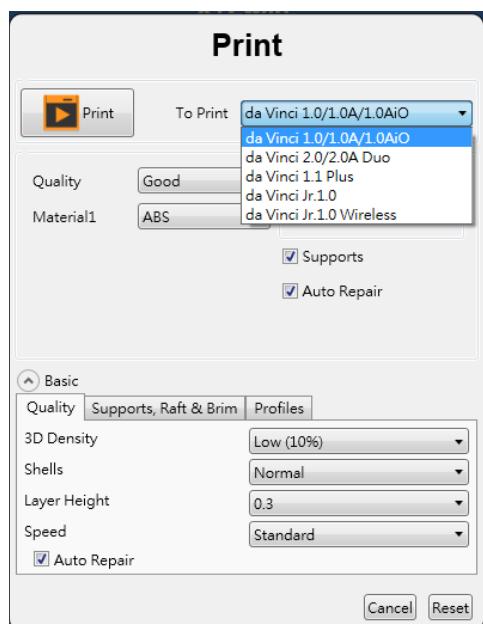


6.1 Печать

Начните печать объекта

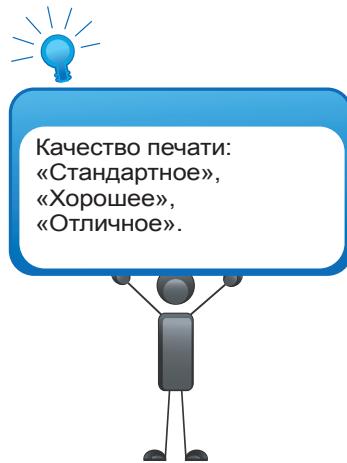
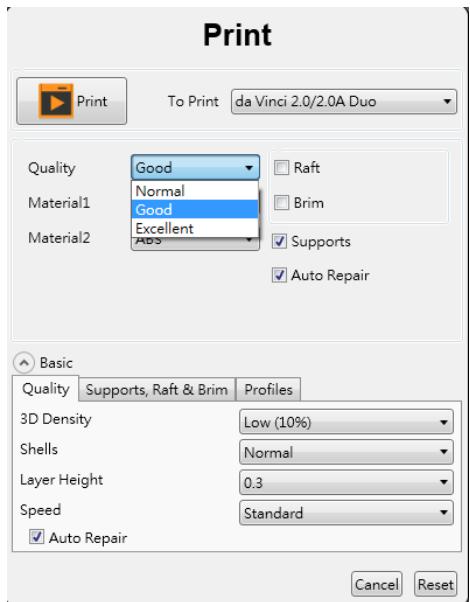
6.2 Принтер

Выберите принтер.



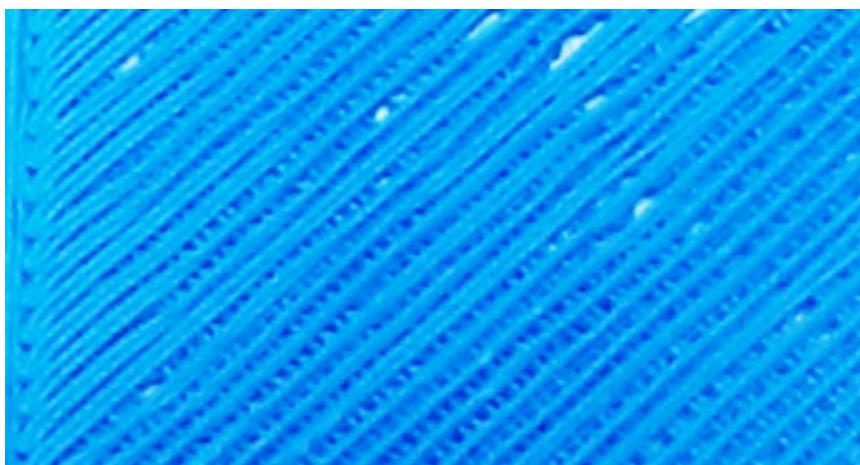
6.3 Качество

Выбор качества печати повлияет на продолжительность печати объекта. Например, печать с высоким качеством будет дольше, чем с низким качеством, так как каждый слой получается более тонким и точным.



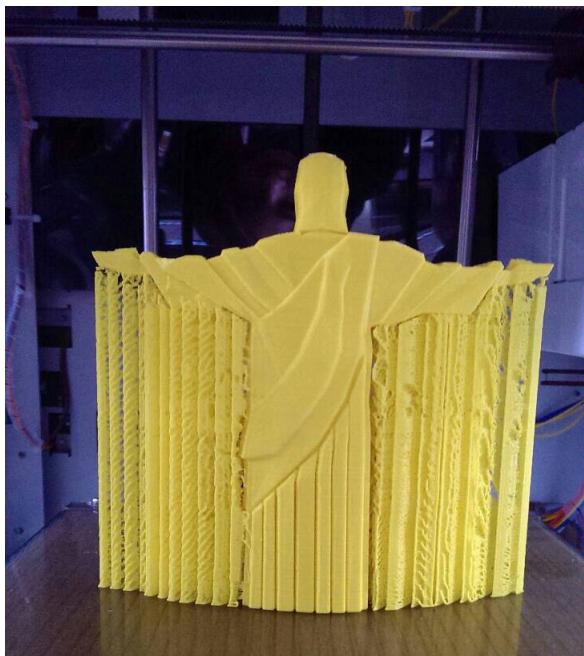
6.4 Плот

Более тонкие и длинные объекты требуют большего внимания из-за физической неустойчивости, объект может искривиться или закрутиться под собственным весом. При печати длинных тонких объектов предусмотрено увеличение площади соприкосновения между объектом и платформой печати с помощью флагка "Raft" (Плот). Плоты создают устойчивость, их можно удалить после печати объекта.



6.5 Опора

Поддерживающие конструкции печатаются в соответствии с функциями объектов. Опора используется для повышения прочности конструкции. Убедитесь, что ваша модель не падает при печати.



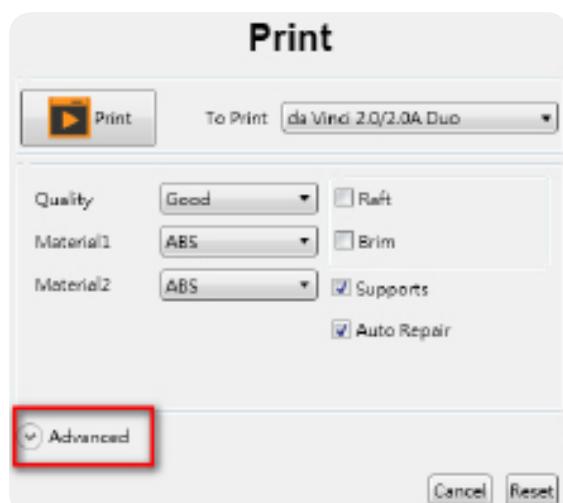
Модель с опорой (вид сзади)



Опора удаляется

6.6 Дополнительные параметры

Нажмите кнопку "Advanced" (Дополнительно), чтобы просмотреть дополнительные параметры печати.



6.7 Профили

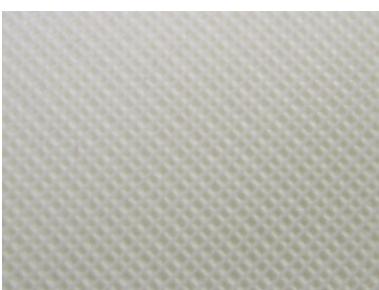
Добавьте или выберите сохраненные параметры печати в раскрывающемся меню "Profiles" (Профили). Различные параметры печати можно создавать, сохранять и применять к различным моделям в зависимости от требований проекта.

6.8 3D-плотность

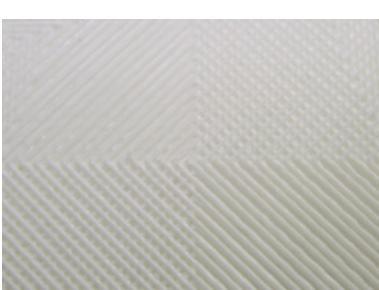
Перед печатью пользователи могут использовать эту функцию, чтобы изменить плотность печати объектов. Параметры принтера по умолчанию 3D-принтера da Vinci создадут внутреннюю структуру объектов на основе сотовых структур. С помощью раскрывающегося меню 3D density (3D-плотность) регулируется плотность сотовой структуры от низкой до высокой, чтобы обеспечить требуемую прочность.



Low (Низкая) (10 %) — это значение требует более короткой продолжительности печати, но структура относительно хрупкая. Данное значение подходит для декоративных объектов.



Medium (Средняя) (30 %) — это более высокая плотность по сравнению с низкой. Чтобы распечатать объект, рекомендуется установить плотность 30 % или выше.



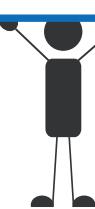
High (Высокая) (50 %) — для объекта, который должен быть прочным или использоваться в качестве механической детали, рекомендуется выбрать более высокую плотность.



Solid (Повышенная) (90 %) — высокий плотный объект — более прочный. Однако чем он длиннее, тем больше нужно волокна для печати.



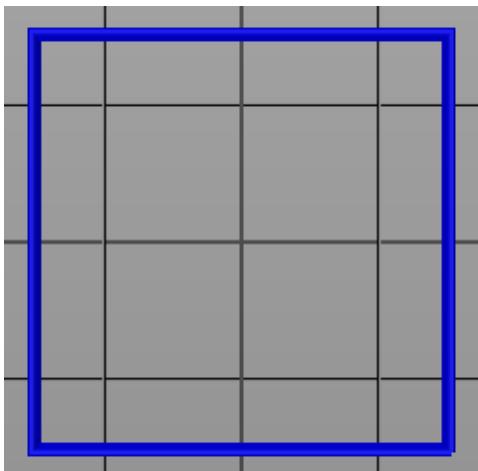
Доступные варианты 3D-плотности: «Полая» (минимальная плотность, рассеянная сотовая структура), «Низкая», «Средняя», «Высокая», «Сплошная».



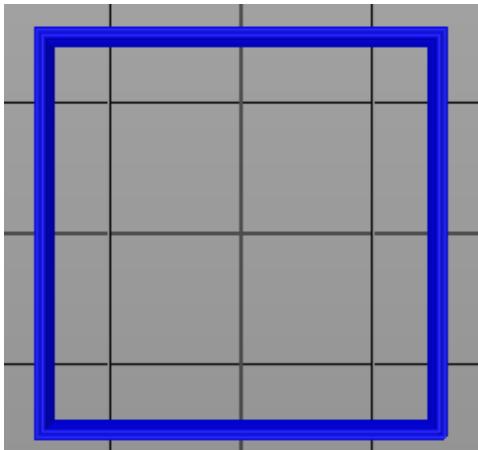
6.9 Каркас

Каркас представляют собой наружный слой объекта. Толстый каркас приводит к высокому качеству печати, но это увеличивает продолжительность печати. Тонкий каркас уменьшает длительность печати, но он более ломкий.

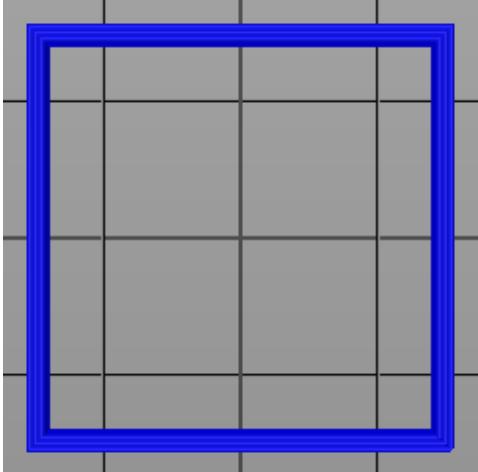
Thin (тонкий): При этом наносится единственный слой.



Normal (нормальный): Наружная структура состоит из 2 слоев. Дополнительный слой упрочняет объекты.



Thick (толстый): Толстый каркас состоит из 3 слоев. Прочная структура более устойчива, но требует продолжительной печати.



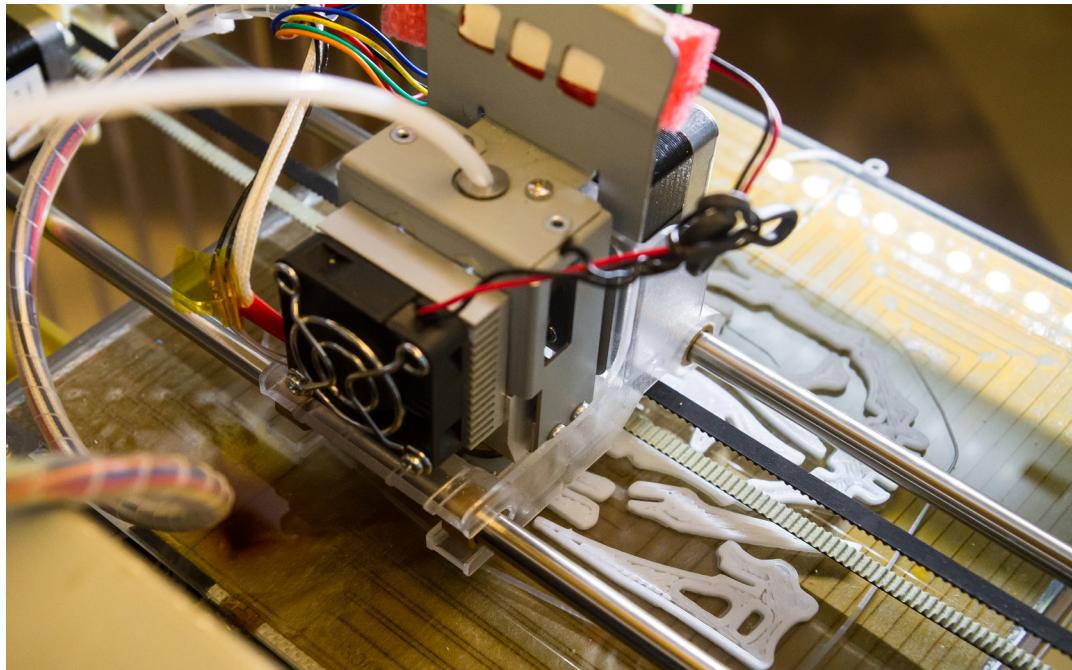
На прочность объекта влияют параметры 3D-плотности и каркас. Чтобы убедиться в устойчивости объектов различного размера, формы и назначения, потребуется задать значения для плотности и каркаса.

Вот некоторые рекомендации по этим параметрам:

3D-плотность Оболочка	Hollow (Очень низкая) (0 %)	Low (Низкая) (10 %)	Medium (Средняя) (30 %)	High (Высокая) (50 %)	Solid (Очень высокая) (90 %)
Thin (тонкий)	малая, полости	малая, плоская детальная	малая, плоская детальная, износостойкие детали		
Normal (нормальный)					
Thick (толстый)	крупная, полости	крупная, высокая		крупная, износостойкие детали	

6.10 Высота слоя

Устанавливая различные высоты слоев, можно изменять толщину каждого слоя, создаваемого принтером.

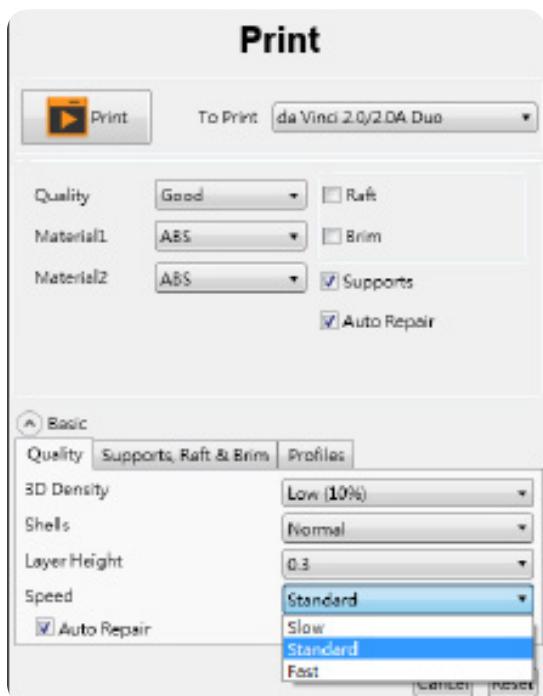


Толщина формируемого слоя регулируется от 0,1 до 0,4 мм. Для достижения наилучшего результата при печати рекомендуется толщина слоя 0,2–0,3 мм.



6.11 Скорость

Отрегулируйте скорость печати, чтобы изменить настройки в зависимости от размера и точности объекта. В общем, самое высокое качество объекта получается при низкой скорости печати.



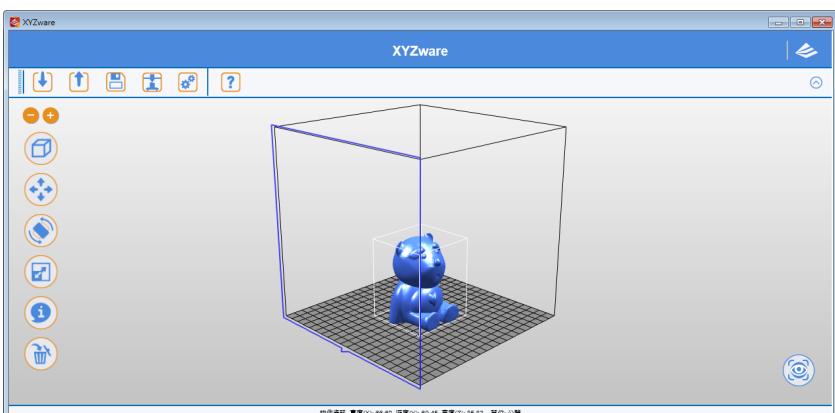
7. Другие функции

После завершения настройки объекта его можно распечатать или сохранить для последующего использования.



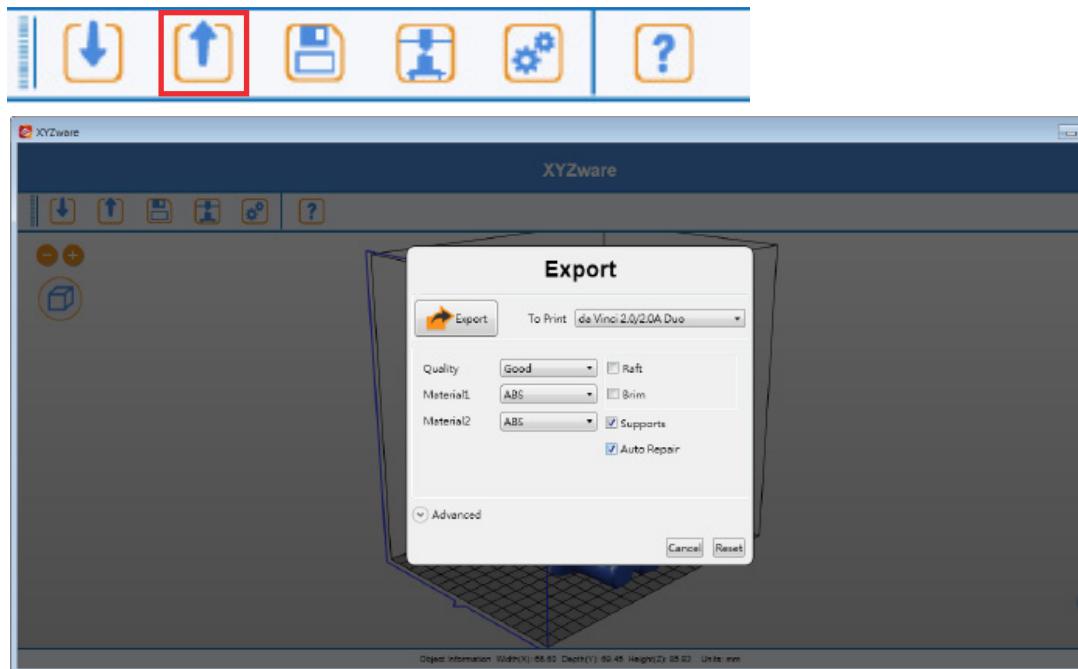
7.1 Сохранение файла

Нажмите кнопку Save (Сохранить) — программа XYZware сохранит файл *.stl.



7.2 Экспорт файла

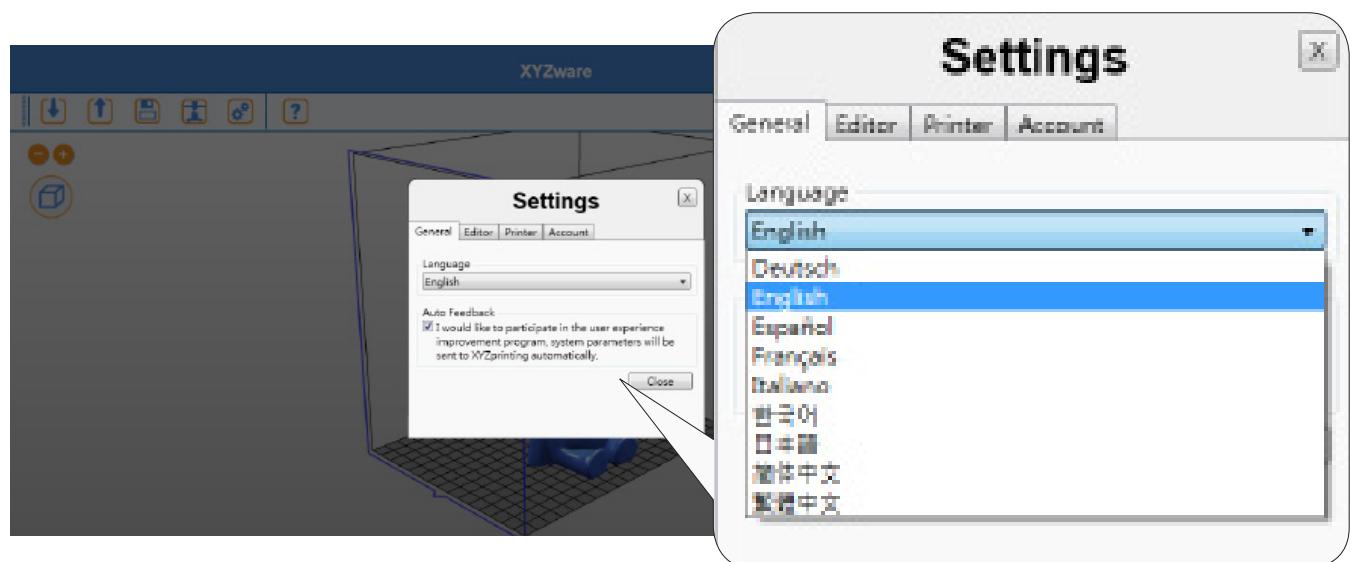
Выберите "Export" (Экспорт) — программа XYZware сохранит файл *.3w. Формат .3w — это специальный формат, разработанный только для 3D-принтеров серии "da Vinci". Программы, подобные XYZware, проводят вычисления на основе файлов STL и сохраняют профиль печати в файле .3w, который ускорит печать следующего 3D-объекта.



8. Настройка и обновление

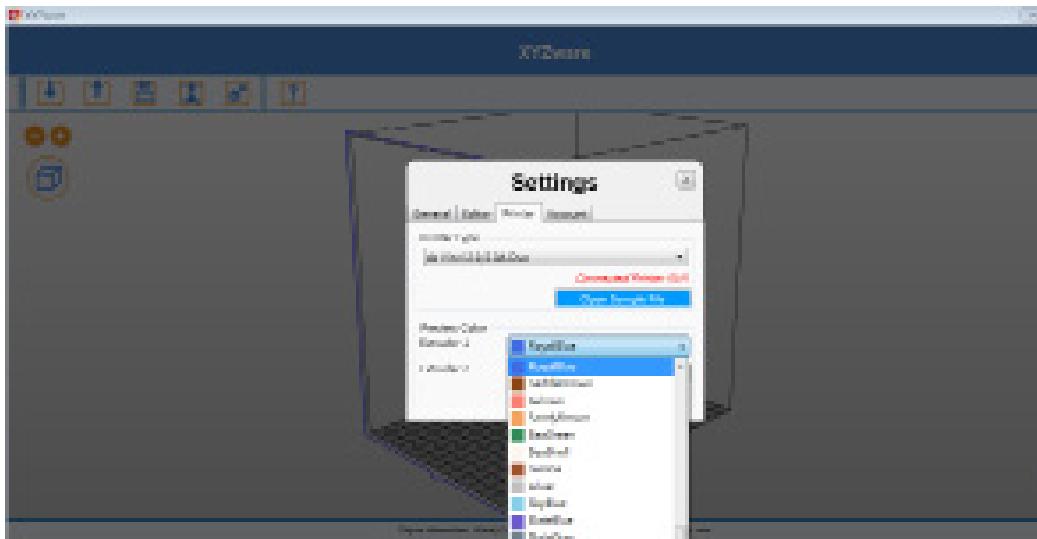
8.1 Смена языка

Программа XYZware поддерживает несколько языков. Язык выбирается в раскрывающемся меню. После выбора языка примените эти настройки.



8.2 Предварительный просмотр цвета печати (доступно только для da Vinci 2.0A)

Эти параметры позволяют выполнить предварительный просмотр цвета волокна в каждом экструдере. Обратите внимание, что цвет объекта в окне предварительного просмотра своеобразен. Он может отличаться от фактического цвета.

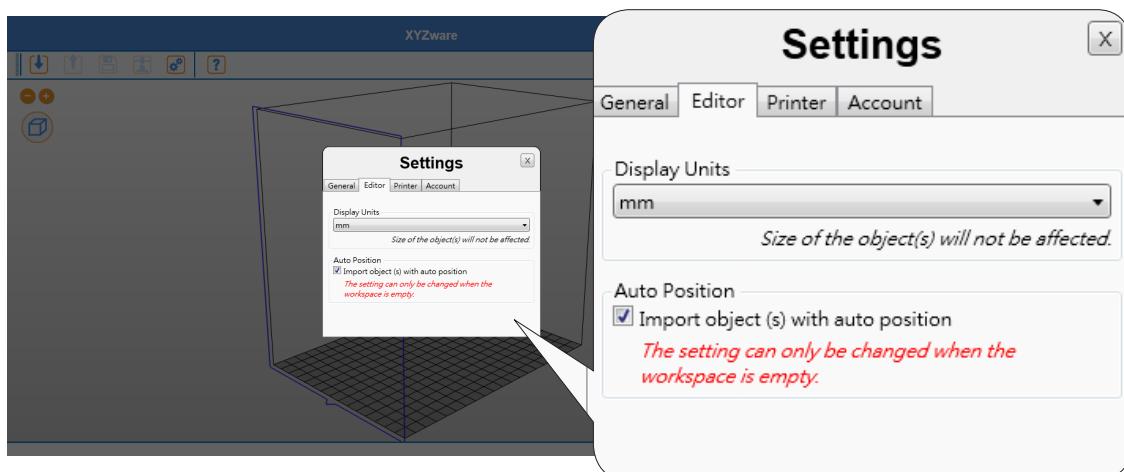


8.3 Настройка типа принтера

Выберите существующий принтер из раскрывающегося списка. Размер платформы печати изменится в соответствии с выбранным принтером.

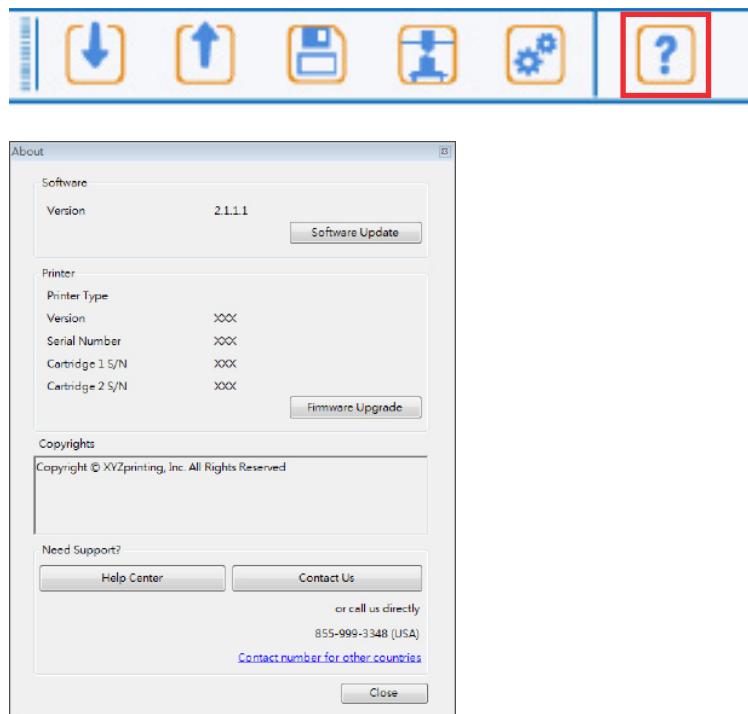
8.4 Автоматическое положение объектов

Включите эту функцию при печати на принтере da Vinci 1.0A, программа XYZware будет автоматически располагать объекты в нужном месте на платформе печати. При печати отдельных файлов, создающих двухцветный объект в принтере da Vinci 2.0A Duo, рекомендуется отключить эту функцию. Таким образом, программа XYZware будет располагать объекты отдельных файлов на одном и том же месте в центре платформы печати. Это позволяет не перемещать отдельные файлы в одно и то же место.



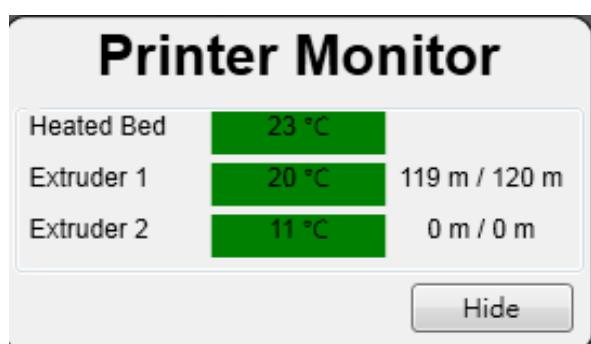
8.5 Обновление прошивки

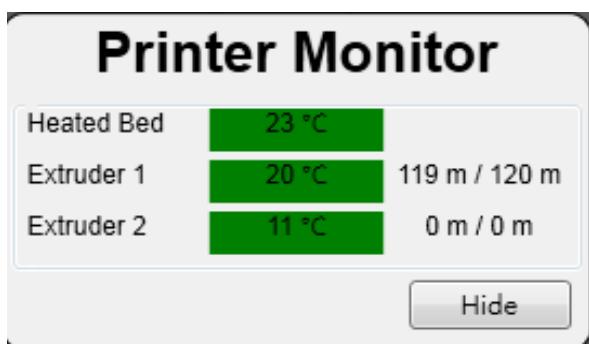
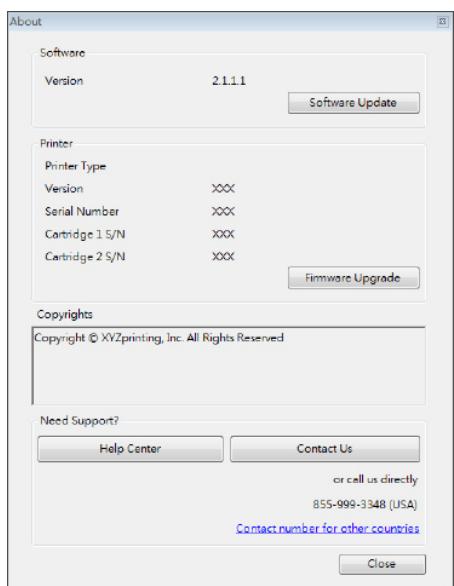
Для наилучшего качества 3D-печати программное обеспечение и прошивку необходимо обновить. Обновление выполняется просто: нажмите значок "About" (О программе), программа XYZware проверит наличие обновлений. При обнаружении новой версии нажмите кнопку "Software Update" (Обновить программное обеспечение)/"Firmware Upgrade" (Обновить прошивку), чтобы выполнить обновление.



9. Режим монитора

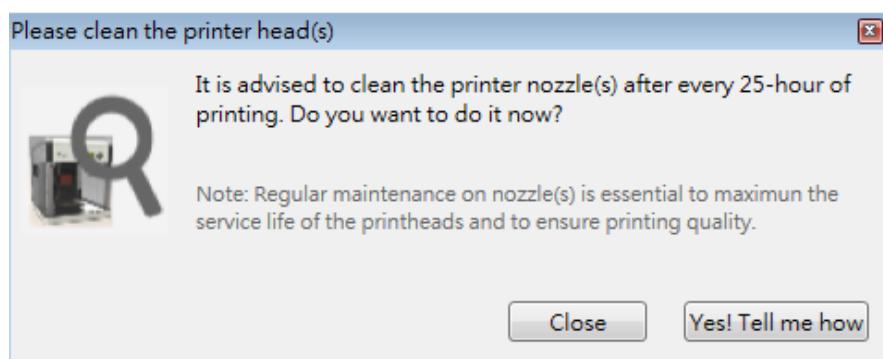
При нажатии значка "Monitor" (Монитор) внизу справа отображается температура платформы печати и экструдеров. Если принтер отключается от компьютера, данная функция также завершает свою работу.





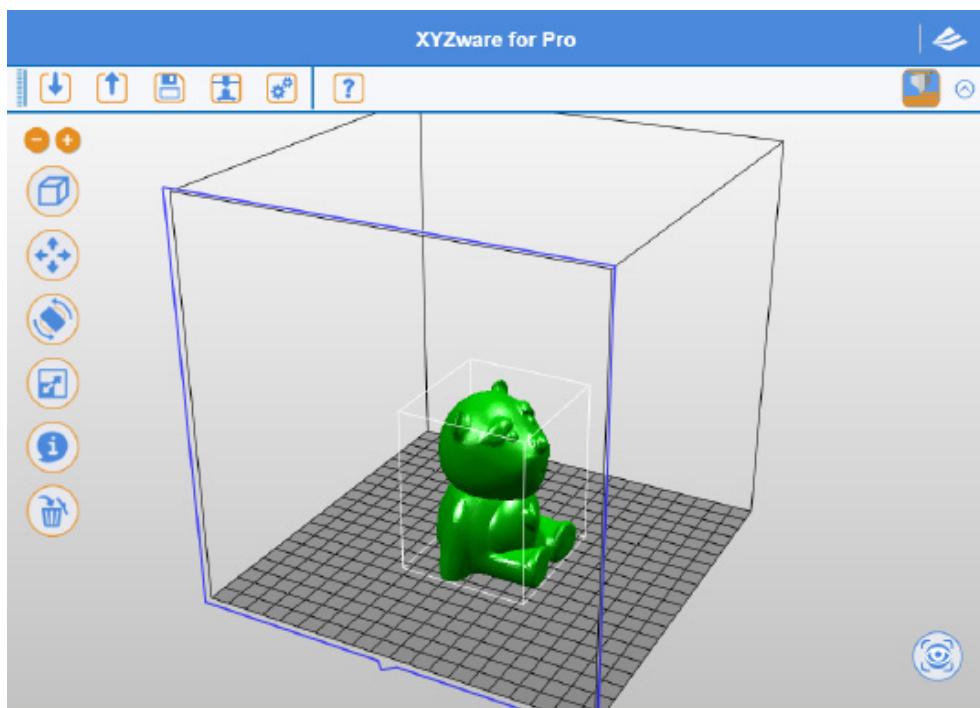
10. Напоминание о техобслуживании

Со временем отложения нагара и скопления остатков материала в сопле могут снизить производительность принтера. Рекомендуется чистить сопло через каждые 25 часов печати. После каждого 25 часов печати приложение XYZware выводит напоминание, показанное ниже. Можно нажать кнопку «Да! Объясните, как...», чтобы ознакомиться с видеоИнструкцией по чистке сопла. Либо ознакомьтесь с подробными инструкциями в руководстве по эксплуатации принтера.



11. XYZware Pro

Вместе с выпуском флагманского 3D-принтера da Vinci 1.0 Professional (далее — da Vinci 1.0 Pro) вышла расширенная версия приложения для 3D-печати XYZware — XYZware Pro. Новое приложение XYZware Pro такое же удобное для пользователя, как и предыдущее. Однако в новой версии реализовано много профессиональных функций. В этом разделе представлены функции и примеры использования приложения XYZware Pro.



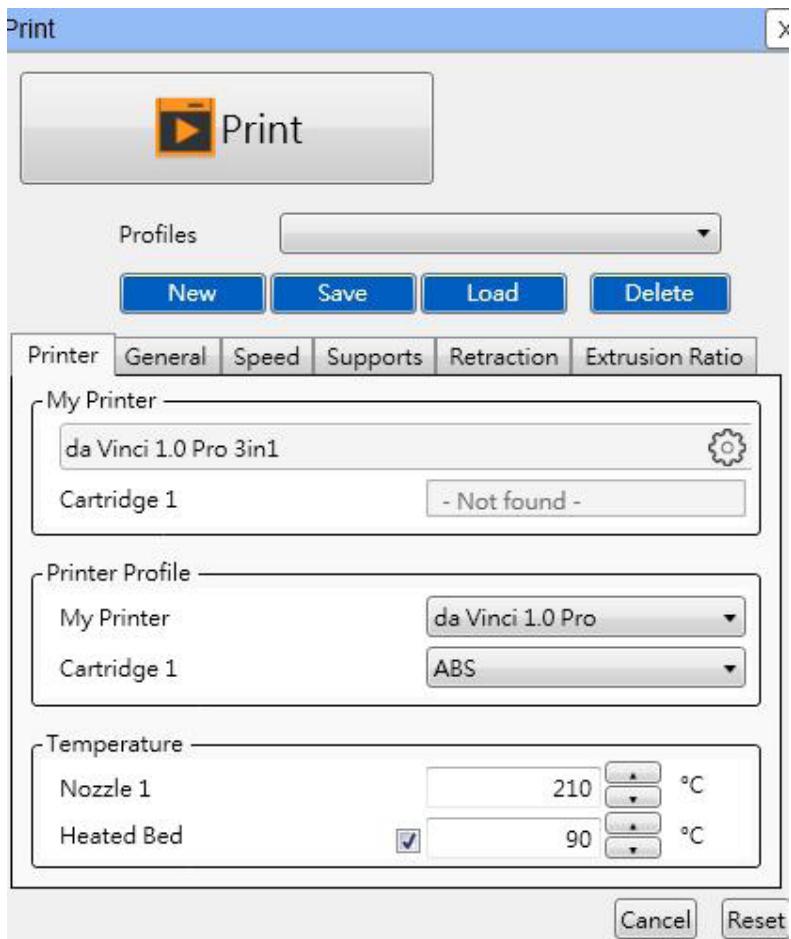
Новое приложение XYZware Pro значительно расширяет возможности печати, пользователи могут управлять условиями печати и задавать параметры формирования 3D-объектов посредством настройки функций категории «Экспорт» или «Печать» для повышения качества печати объектов. В то же время можно указать модель 3D-принтера и тип нити, после чего система автоматически настроит рекомендуемые параметры, или пользователь может настроить параметры вручную. Наконец, при нажатии кнопки «Печать» или «Экспорт» формируются данные разделения объектов на слои для печати или создается 3D-файл.

Совет

В этом разделе категория функций «Экспорт» используется в качестве примера при описании функций, перечисленных ниже. Некоторые функции можно использовать только с 3D-принтером Vinci 1.0 Pro. Поэтому рекомендуется приобрести и подключить 3D-принтер da Vinci 1.0 Pro для оптимального использования данного приложения.

	Категория функций	Описание категории
11.1	Принтер	Выбор температуры печати и материала печати.
11.2	Общие	Настройка параметров структуры и качества объекта.
11.3	Скорость	Регулировка скорости перемещения экструдера.
11.4	Опоры	Выбор дополнительной структуры опор для печати объекта.
11.5	Отвод	Регулировка способа подачи материала для печати.
11.6	Коэффициент выхода	Регулировка выходного объема материала для печати.

11.1 Принтер



11.1.1 Мой принтер

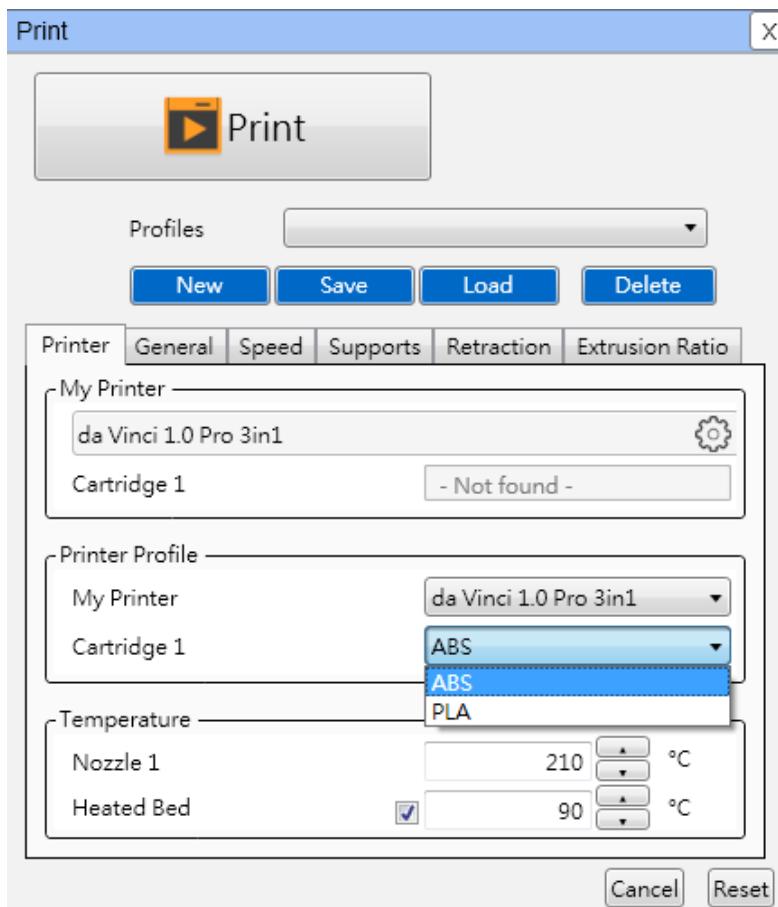
Если приложение XYZware Pro не подключено к 3D-принтеру, это поле будет пустым. Пользователь должен указать модель принтера и материал для печати, используя функцию «Профиль принтера». После подключения приложения к 3D-принтеру, она считает данные принтера и отобразит стандартные параметры для данного принтера.

11.1.2 Профиль принтера

Пользователь может указать модель 3D-принтера и тип используемой нити, после чего приложение XYZware Pro настроит рекомендуемые параметры печати. Также можно вручную настроить параметры и с помощью функций «Преобразование файла» и «Печать» ввести данные о разделении объекта на слои.

Совет

Принтер da Vinci 1.0 Pro поддерживает печать с использованием нитей из АБС, ПЛА. Пользователь может выбрать температуру печати и используемый материал: АБС или ПЛА.



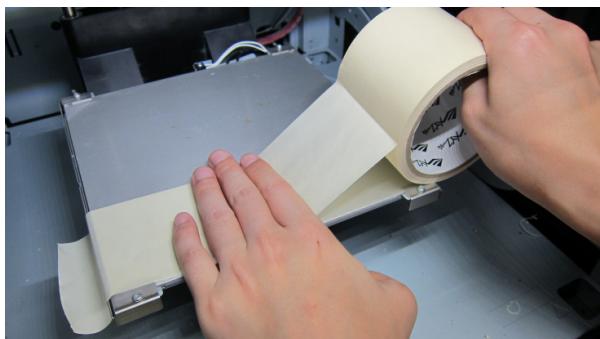
11.1.3 Температура

Рабочая температура платформы и печатающего модуля регулируется. Настройки температуры сохраняются в данных разделения объекта на слои.

Нагревающиеся компоненты	Диапазон температур
Печатающий модуль	170–240 °C
Платформа	41°C–90 °C

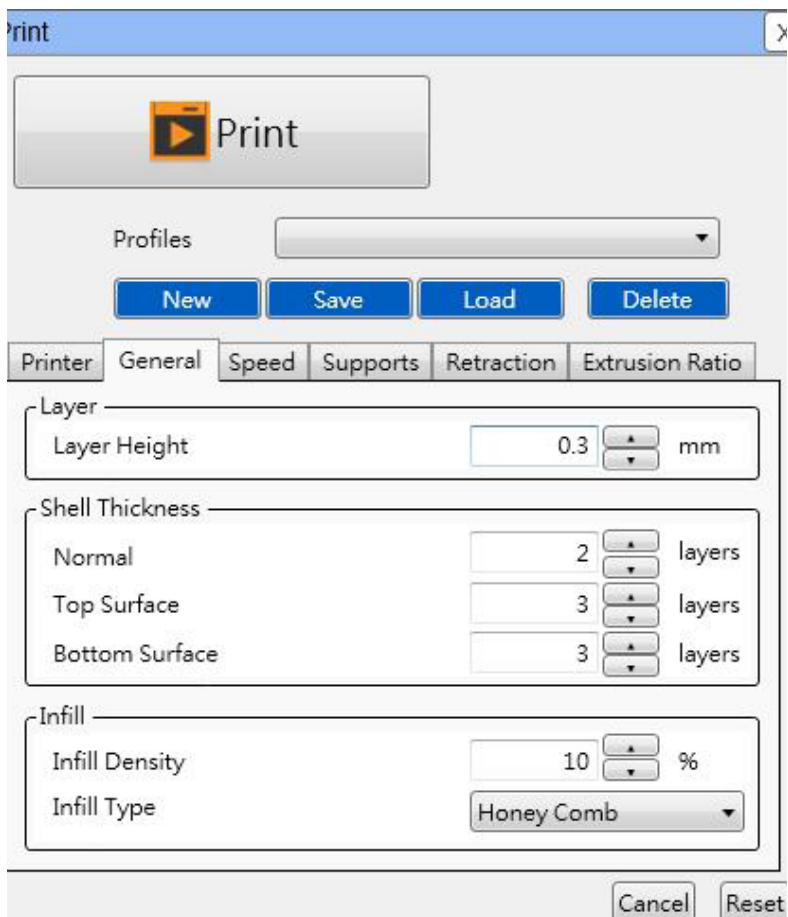
Совет

- Если пользователь указал температуру в меню принтера da Vinci 1.0 Pro, приложение XYZware Pro отдаст приоритет настройкам температуры печати, содержащимися в файле.
- Если отключен нагрев платформы, будет активирована печать при комнатной температуре без подогрева платформы.
- Использование слишком низкой температуры экструдера может ухудшить подачу нити и привести к нарушению подачи материала печатным модулем. Поэтому необходимо сначала задать температуру экструдера.
- Использование слишком низкой температуры платформы может привести к снижению устойчивости объекта в процессе печати и сбою печати. В таком случае перед печатью необходимо прикрепить на платформу прокладку. Если прокладка не помогает устранить проблему, следует повысить температуру платформы.
- При печати объекта с особой структурой можно нанести на прокладку клей (при помощи kleевого карандаша), чтобы усилить адгезию. Однако это затруднит удаление объекта с платформы.



11.2 Общие

Функции в этой категории позволяют настроить структуру распечатываемого объекта, а также параметры плотности структуры и печати оболочки для достижения различных эффектов.



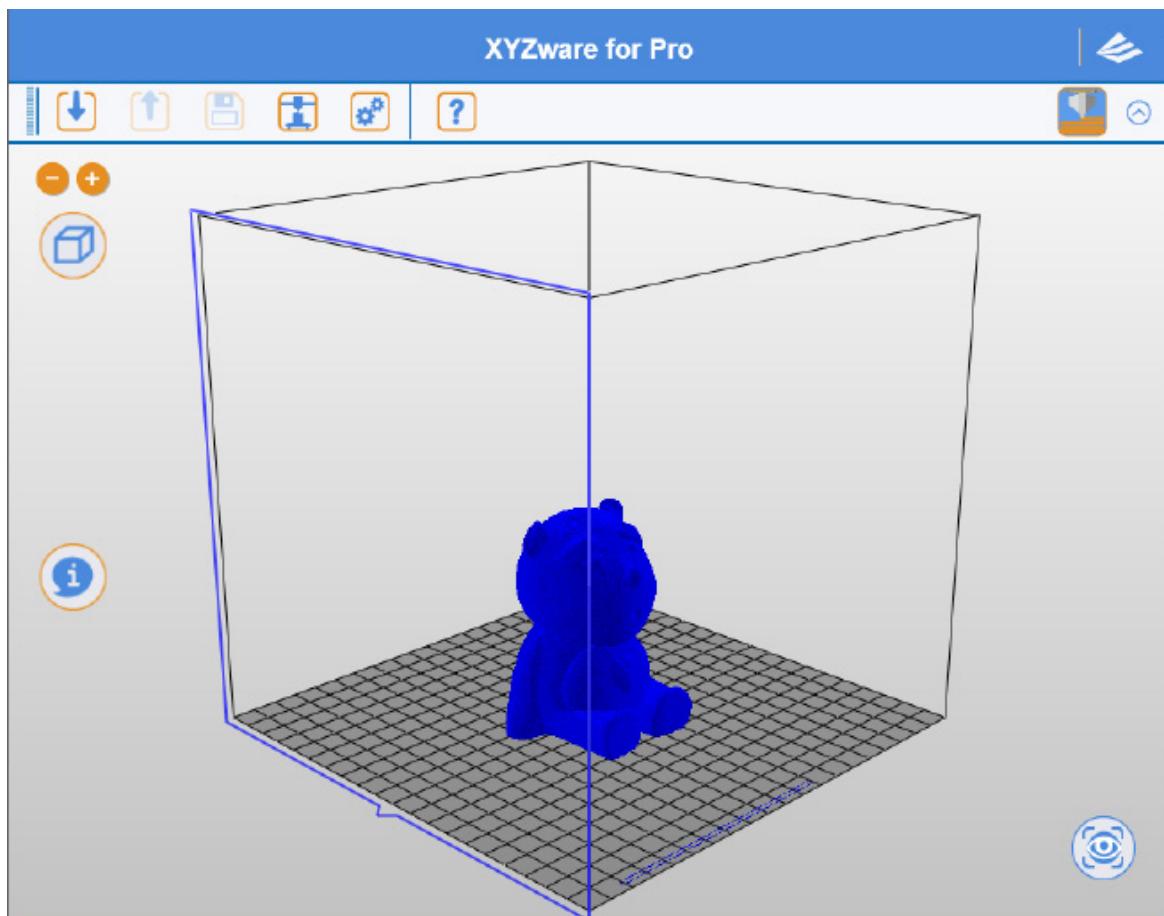
11.2.1 Толщина слоя

Чем меньше толщина слоя, тем выше будет точность печати. Чем больше толщина слоя, тем выше будет скорость печати объекта. Точная печать объекта занимает больше времени.

Параметры функции	Значения настройки
Толщина слоя	0,05–0,4 мм (50–400 мкм)

Совет

- Достичь высокой точности печати частей объектов с простой структурой можно при толщине слоя 0,05 мм (50 мкм).



Material	ABS
Printer Type	FXXPRO
Estimated Time	10h : 42m : 03s
Estimated Usage	Cartridge 1 32.974m
Infill Density	Low (10%)
Layer Height	0.10
Shells	Normal
Speed	15
Raft	No
Brim	No
Supports	No

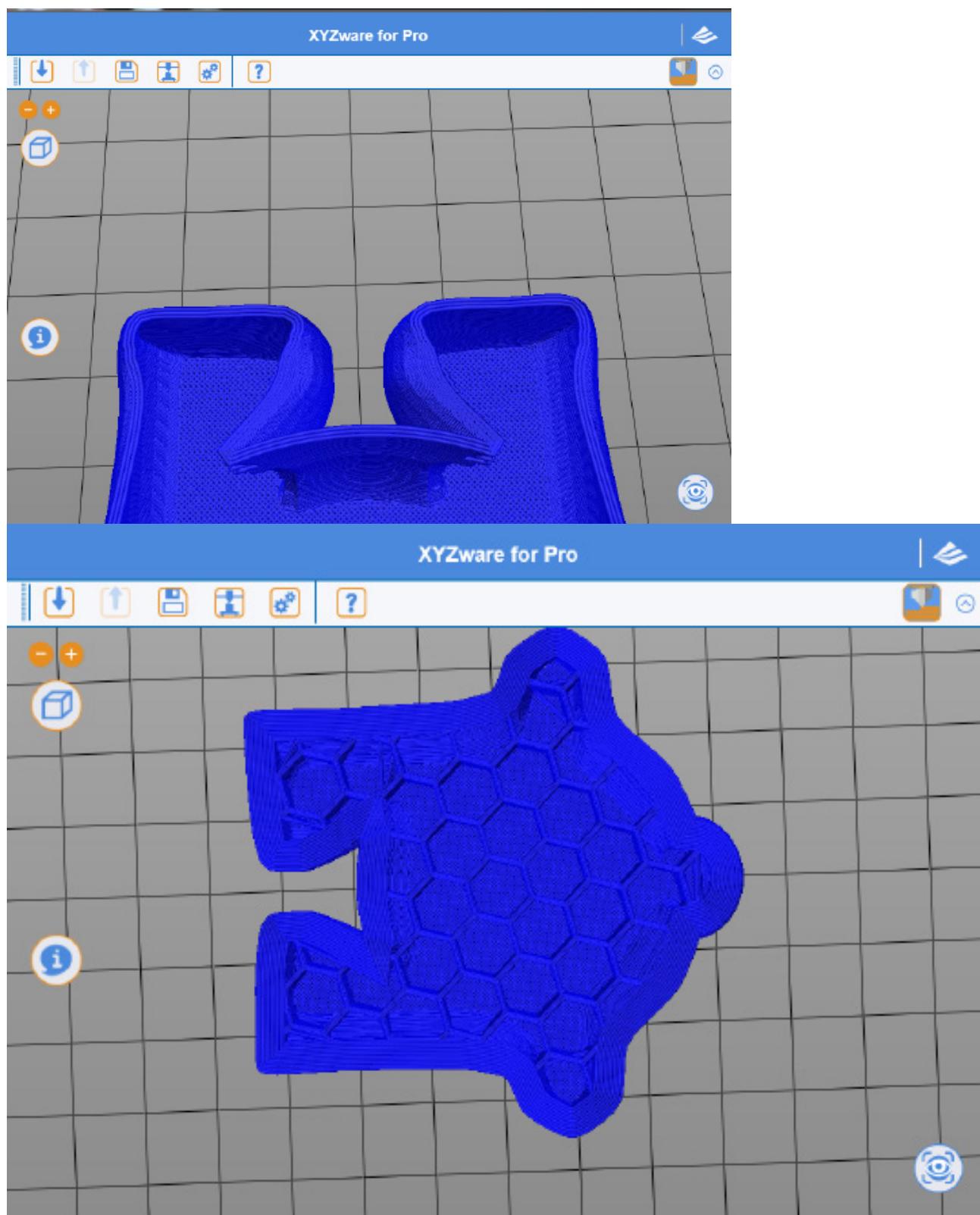
Material	ABS
Printer Type	FXXPRO
Estimated Time	21h : 13m : 01s
Estimated Usage	Cartridge 1 42.541m
Infill Density	Low (10%)
Layer Height	0.10
Shells	Normal
Speed	15
Raft	No
Brim	No
Supports	No

11.2.2 Толщина каркаса

Каркас — это поверхностная структура объекта. Толстый каркас может обеспечить более высокое качество, но процесс печати может занять больше времени. Выбор тонкой оболочки печати позволяет ускорить процесс печати. Но следует учитывать, что определенная часть объекта должна соответствовать требованиям к поверхностной прочности.

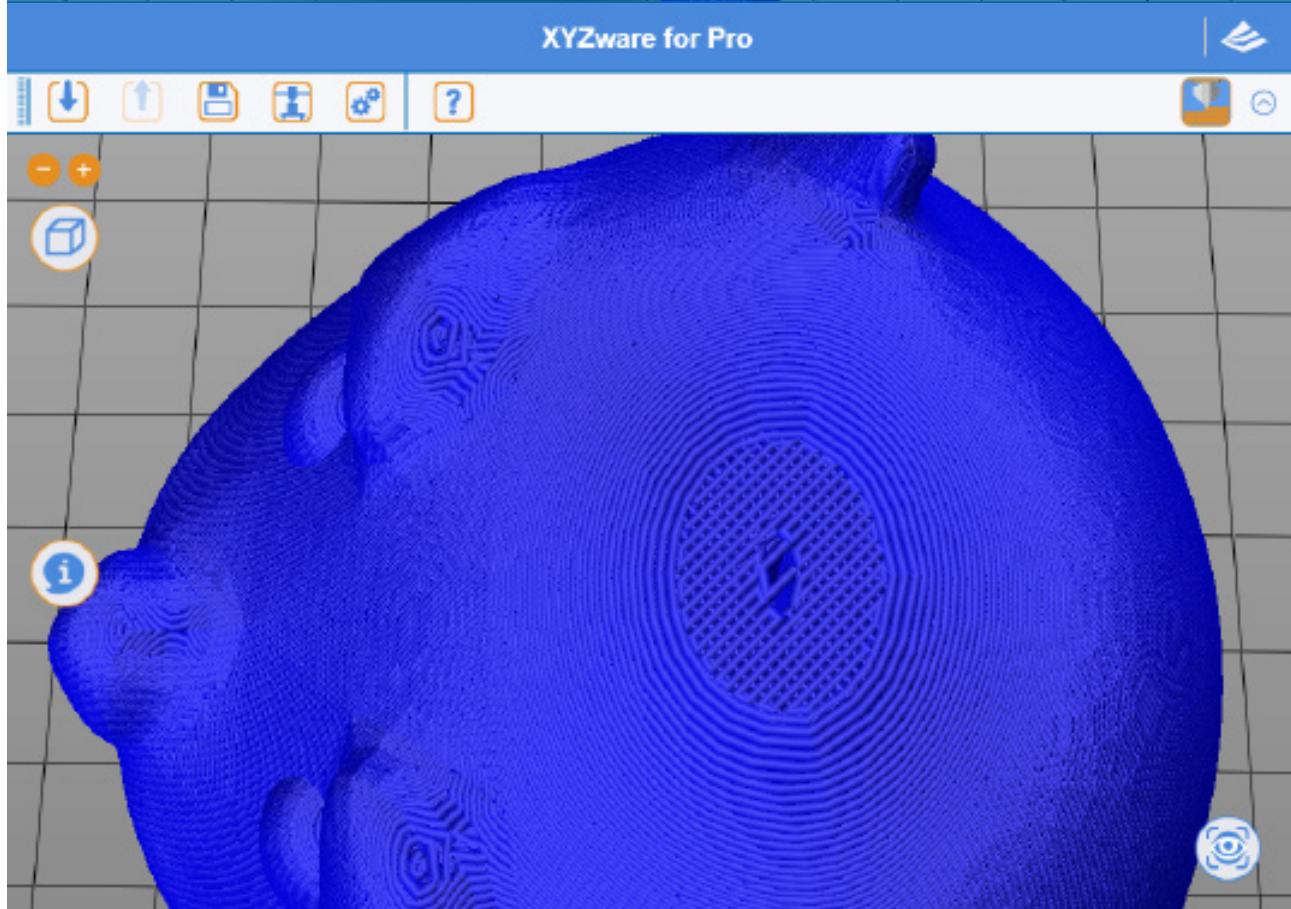
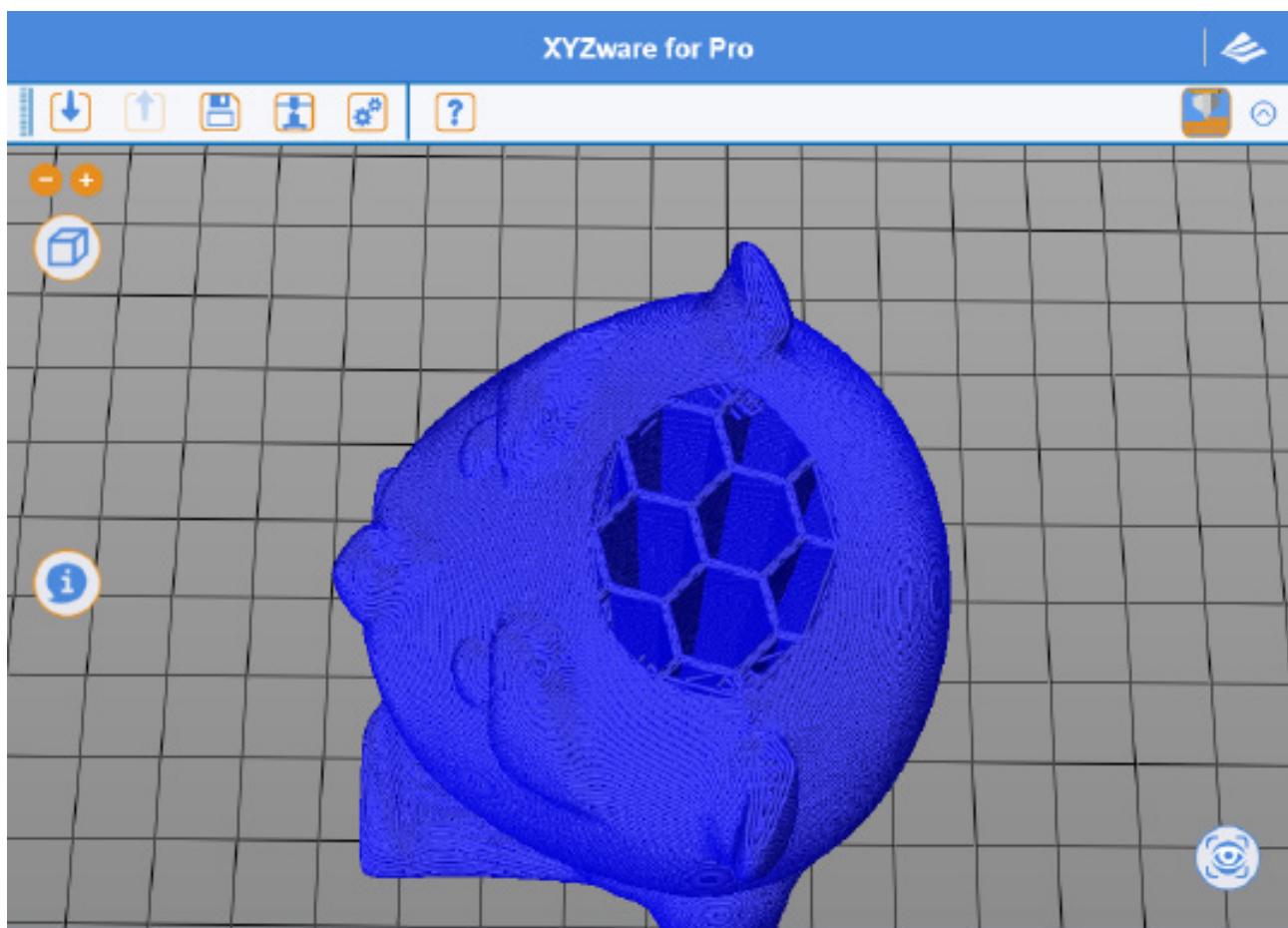
Обычный

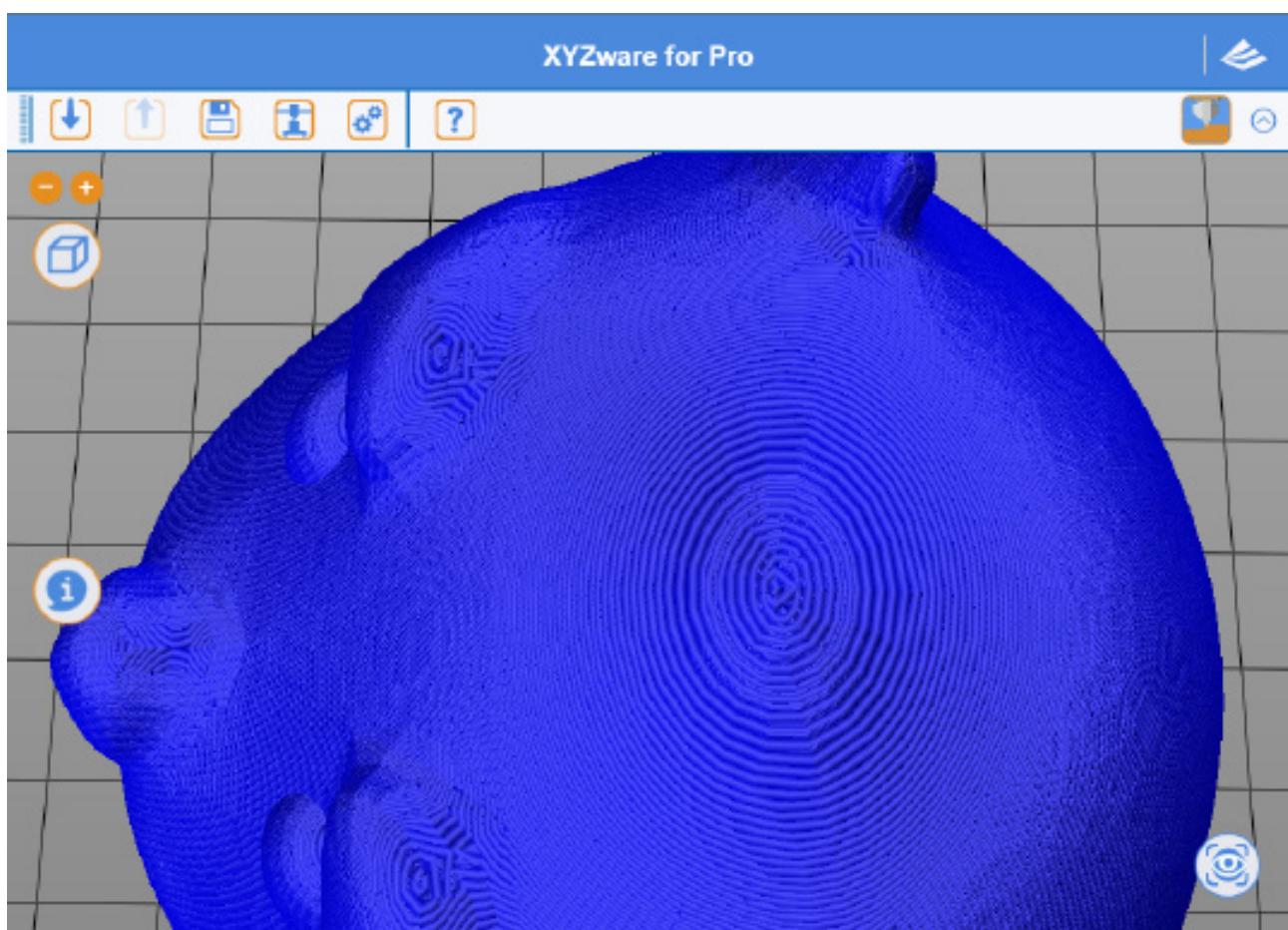
В соответствии с количеством слоев внешнего каркаса объекта, печатается два слоя (кол-во слоев = 3) снаружи внутрь для формирования прочной оболочки и устранения дефектов, образовавшихся в процессе печати первого слоя таким образом, чтобы на поверхности не оставалось ни пустот, ни отверстий.



Верхняя поверхность

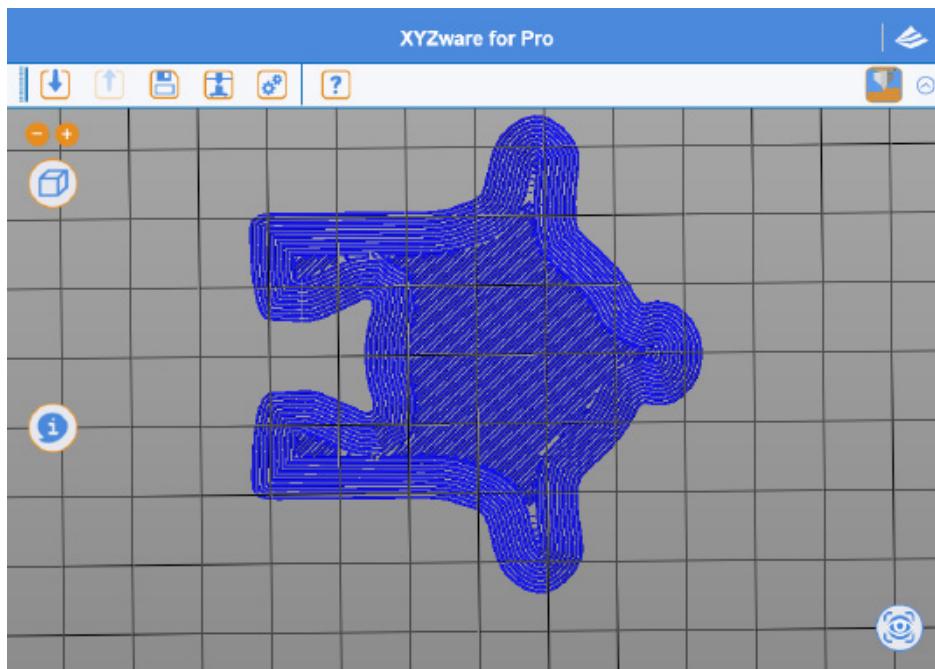
После формирования приложением XYZware Pro внутренней структуры объекта выполняется завершающий этап печати верхней поверхности. Печать верхней поверхности обычно является завершающим этапом процесса печати объекта. Пользователь может указать количество слоев для печати верхней поверхности объекта. Чем больше слоев, тем более плотную и более твердую структуру будет иметь верхняя поверхность объекта.

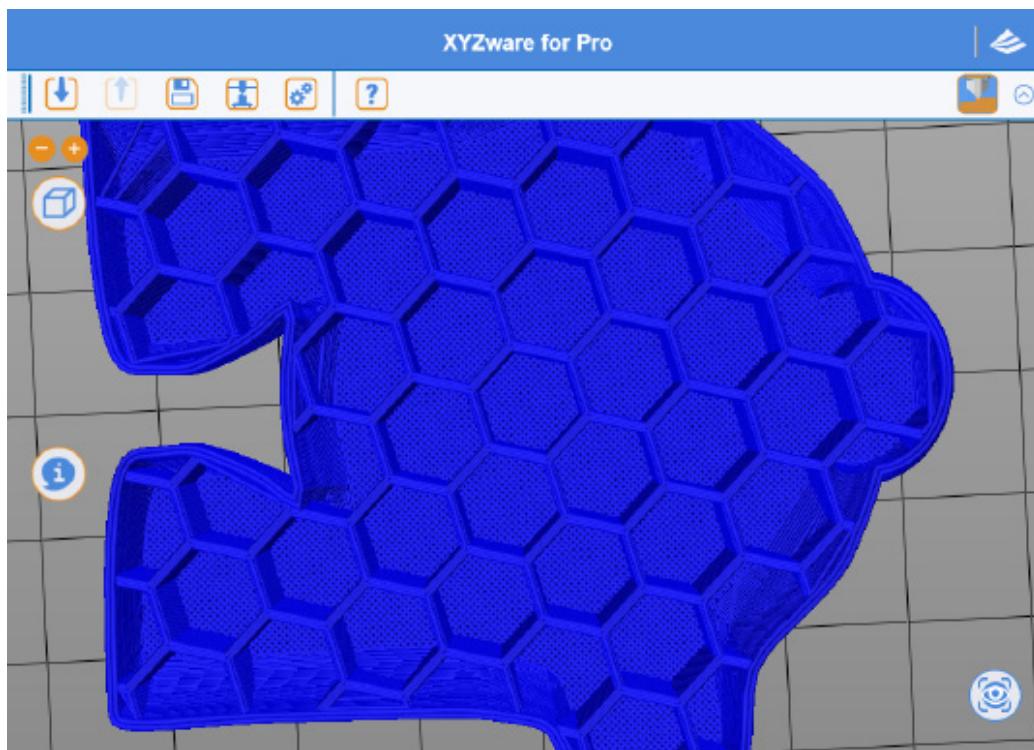




Нижняя поверхность

Перед печатью внутренней структуры нижней части объекта XYZware Pro распечатывает полностью завершенную и твердую нижнюю поверхность объекта. Качественная поверхность без пустот обычно достигается при использовании трехслойной печати (кол-во слоев = 3). Кроме создания нижнего слоя также обеспечивается устойчивость объекта в процессе печати.





Параметры функции	Значения настройки
Толщина каркаса	Диапазон значений: 1 (тонкий каркас) – 10 (толстый каркас). Единица измерения: слой

Совет

Если вы привыкли выбирать толщину каркаса как в оригинальном приложении XYZware, см. приведенные ниже сведения.

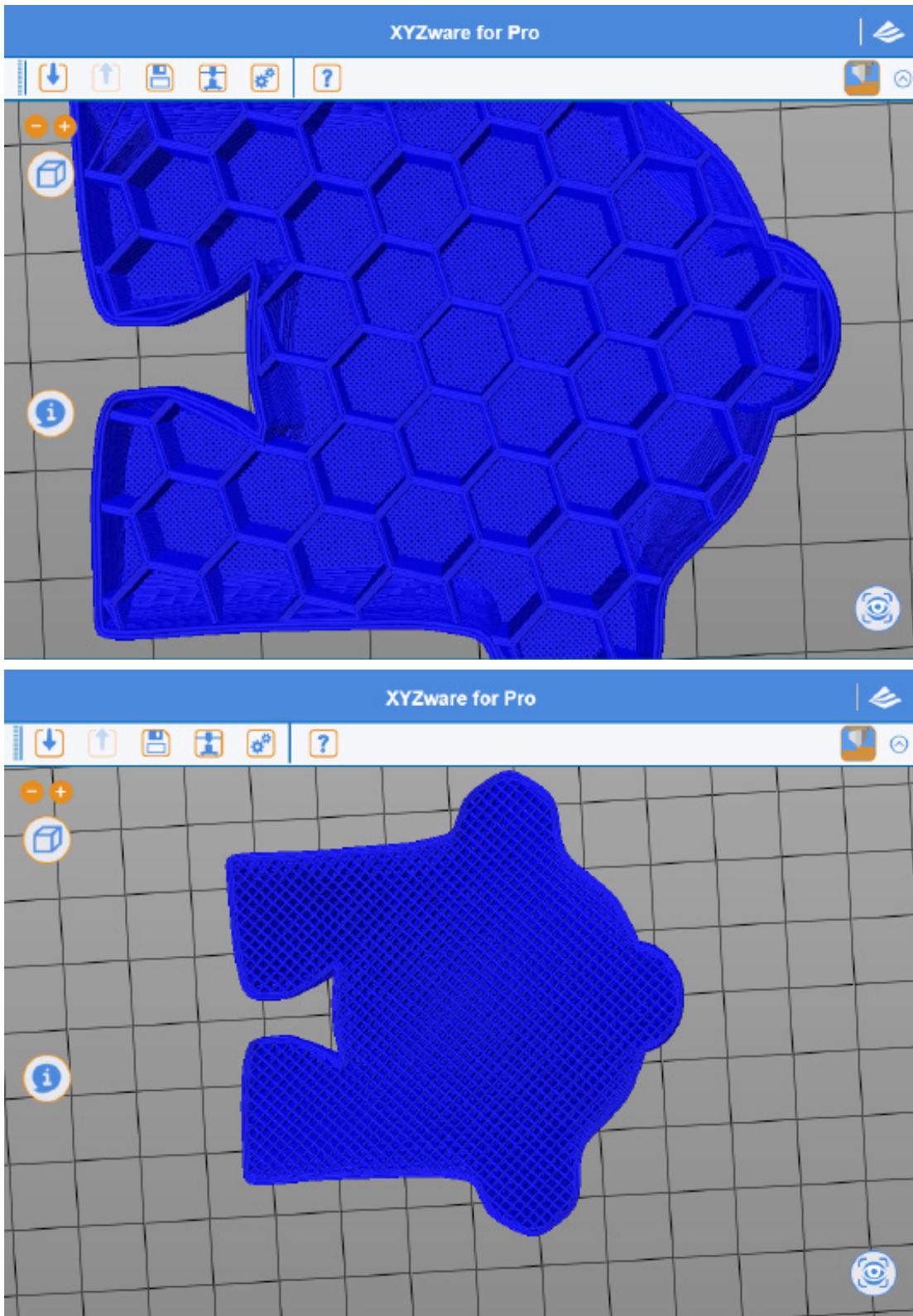
- Тонкий: 1 слой
- Обычный: 2 слоя
- Толстый: 3 слоя

Совет

Если для верхней поверхности и заполнения задано значение «0», в результате будет создан полый объект.

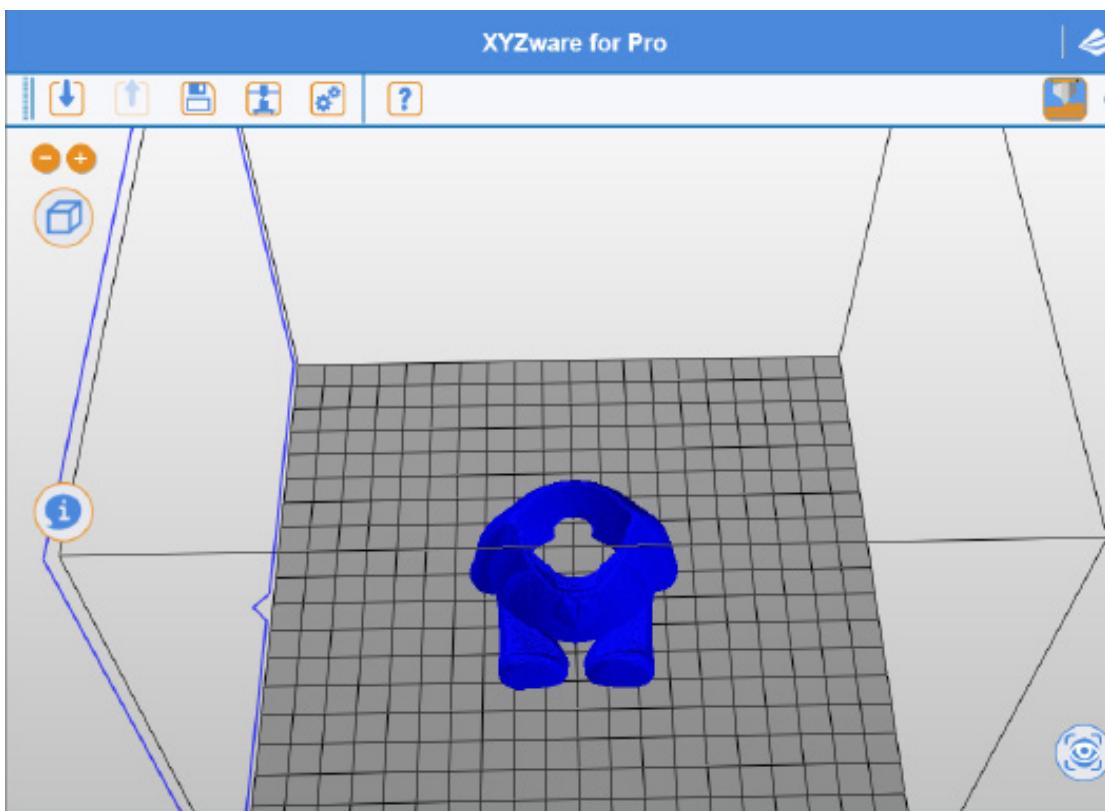
11.2.3 Заполнение Плотность заполнения

Пользователь может задавать плотность печати объекта и добиваться различных эффектов, настраивая плотность внутренней структуры. Прочность объекта зависит от настройки 3D-плотности.



Совет

Если для параметра «Плотность заполнения» задано значение «0», структура заполнения не будет печататься.

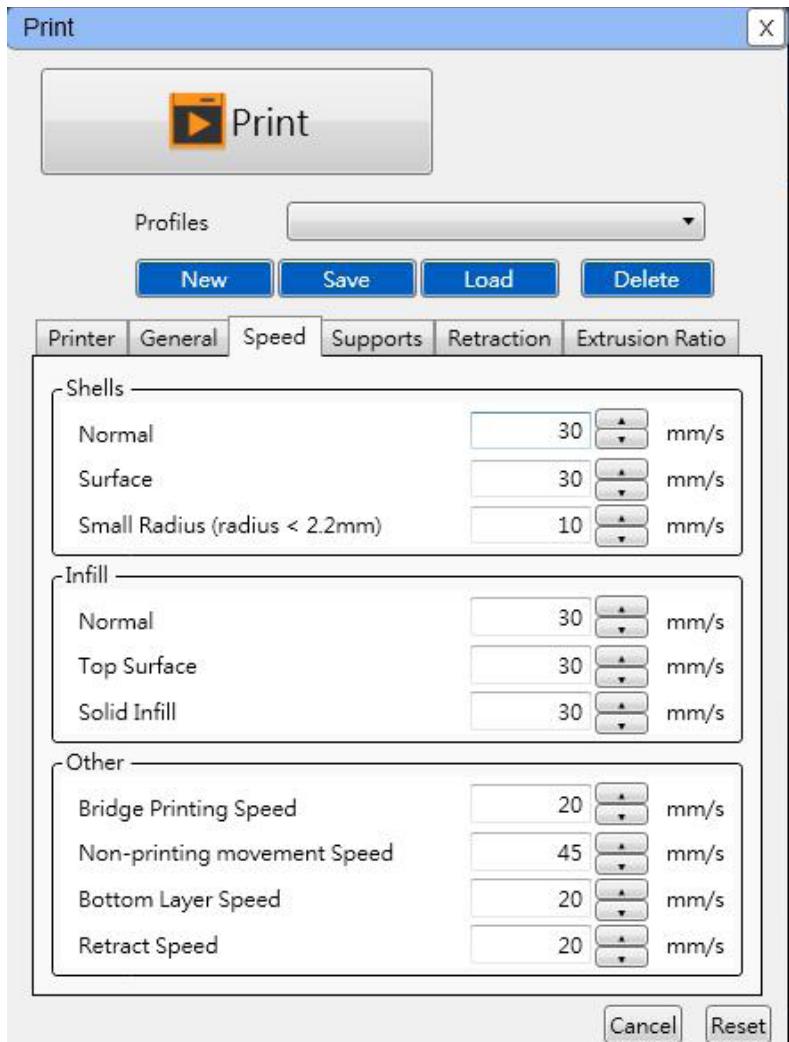


Тип заполнения

Предусмотрено два режима: соты и плетение.

11.3 Скорость

Скорость печати можно настроить в зависимости от размера объекта и уровня точности печати. Высокое качество объекта обычно достигается при низкой скорости печати.



11.3.1 Каркас

Обычный

Скорость печати корпуса объекта определяет время и качество печати. Максимально качественная печать для большинства объектов достигается при низкой скорости печати и соответствующей высоте слоя.

Поверхность

Что касается скорости печати поверхности объекта, скорость печати наружного слоя напрямую определяет качество печати поверхности и может отличаться от скорости печати внутренней структуры заполнения. Настройка скорости позволяет улучшить качество объекта и оптимизировать время всего процесса печати.

Небольшой радиус

Если объект имеет арочную структуру с радиусом менее 2,2 мм, данная настройка задает скорость печати. При печати элементов с небольшим радиусом настройка скорости позволяет повысить стабильность материала при печати.

Совет

- Использование слишком высокой скорости может привести к неравномерной подаче материала. Для большинства случаев подходит скорость печати в диапазоне 15–60 мм/с. Тип используемой нити влияет на качество печати
- При минимальной скорости печати (5 мм/с) процесс печати объекта займет очень длительное время
- При увеличении скорости печати помните о необходимости повышения температуры экструдера во избежание нарушения подачи материала экструдером вследствие недостаточного поступления материала.

11.3.2 Заполнение

приложение XYZware Pro может выполнять печать заполняющей структуры различных частей объекта разными способами.

Обычная

Большинство заполняющих структур объекта.

Верхняя поверхность

Для печати структуры объекта перед началом печати покрытия верхней поверхности система выберет три последних слоя структуры для печати верхней поверхности с указанной скоростью.

Сплошное заполнение

Для первых трех слоев структуры нижней поверхности, печать которых выполняется в первую очередь, система применит эту настройку скорости печати.

Совет

Для печати заполнения рекомендуется более высокая скорость. Приемлемой является скорость печати в диапазоне 30–60 мм/с. Скорость печати ниже 30 мм/с не даст значительного повышения качества объекта.

11.3.3 Другие

Скорость печати перемычек

Так как печать объекта выполняется узором в форме буквы «Г», выбор меньшего расстояния между двумя конечными точками предотвратит печать структуры опор, что называется печатью перемычек. Более высокая скорость печати перемычек может предотвратить провисание объекта.

Скорость перемещения без печати

Скорость перемещения, при которой печатающий модуль не подает материал в область печати.

Скорость печати нижнего слоя

Скорость печати самого нижнего слоя. Чем ниже скорость, тем лучше будет фиксация и тем более устойчивым будет объект.

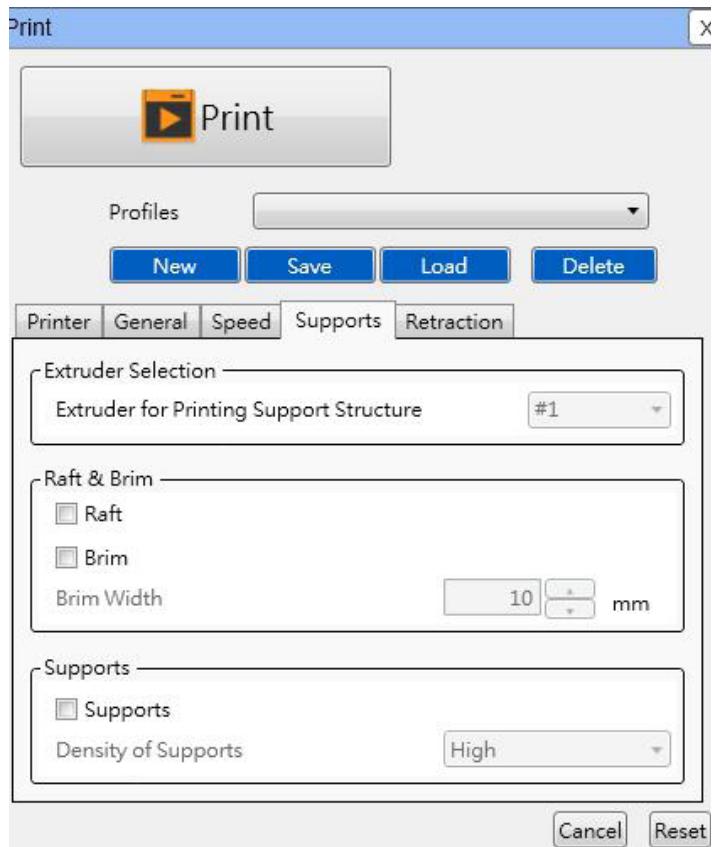
Скорость отвода

Скорость удаления нити в обратном направлении. Более подробные сведения о функции отвода см. в следующем разделе.

Совет

Сочетание скорости отвода и других настроек скорости печати напрямую влияет на равномерность подачи в процессе печати. Если скорость печати несколько выше скорости отвода, это предотвратит прерывание подачи материала.

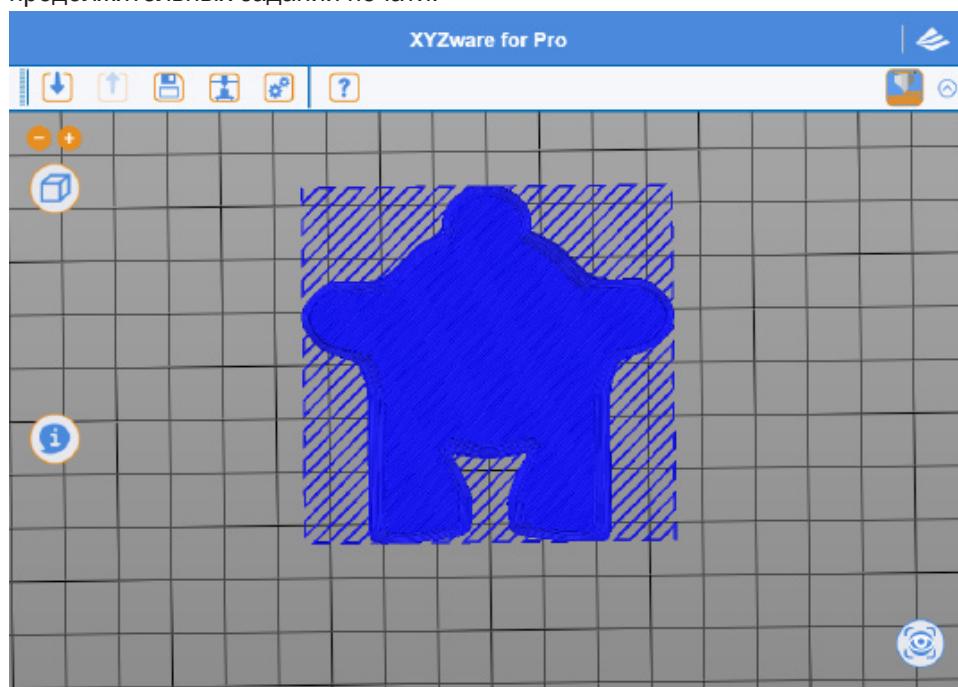
11.4 Опоры

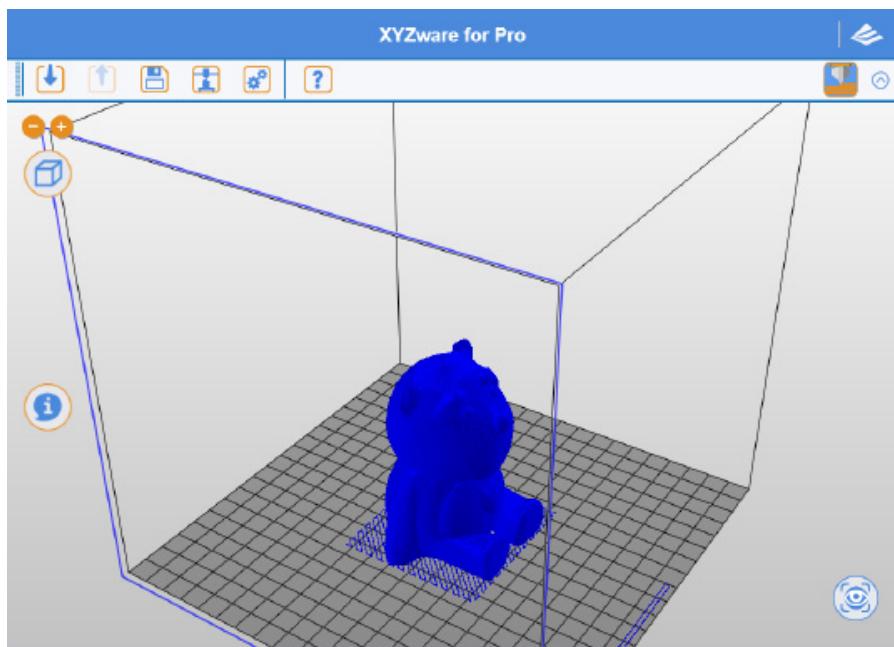


11.4.1 Плот и край

Плот

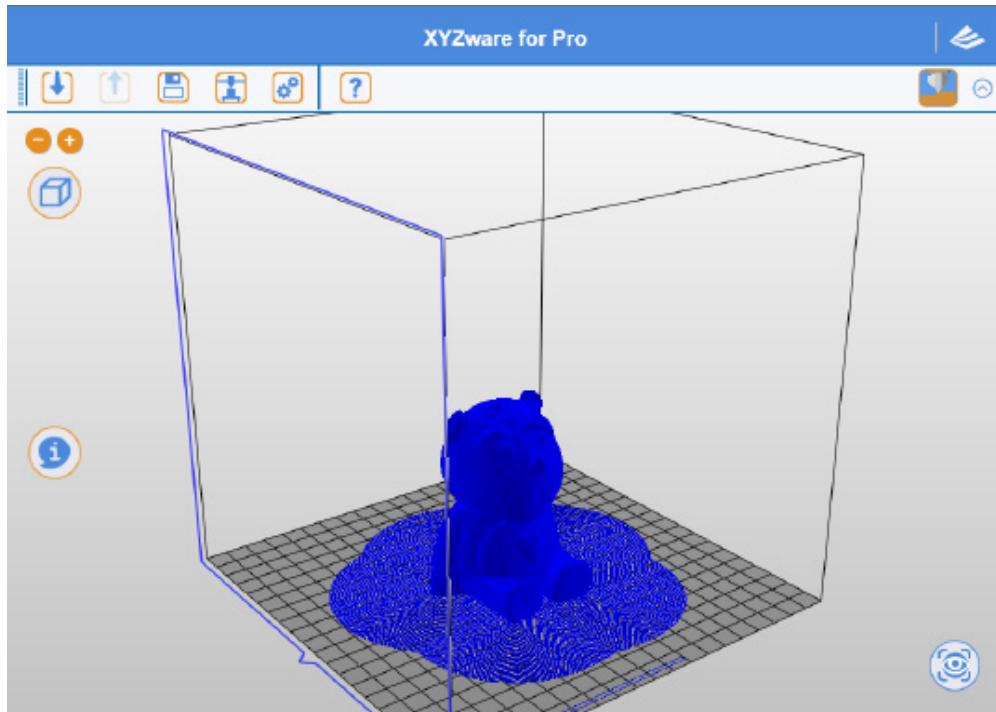
Эта функция позволяет усиливать «плот» на нижней поверхности объекта, чтобы крупный объект был менее восприимчив к выравниванию платформы и менее подвержен риску деформации в процессе продолжительных заданий печати.





Край

Функция «Край» позволяет увеличить площадь контакта нижней поверхности с платформой при печати узкого объекта для предотвращения колебаний, снижающих качество печати.



11.4.2 Опоры

Поддерживающая структура из стоек, соответствующая форме объекта, обычно используется для поддержки взвешенных объектов и объектов без устойчивой нижней поверхности. Опоры удаляются после печати.

Совет

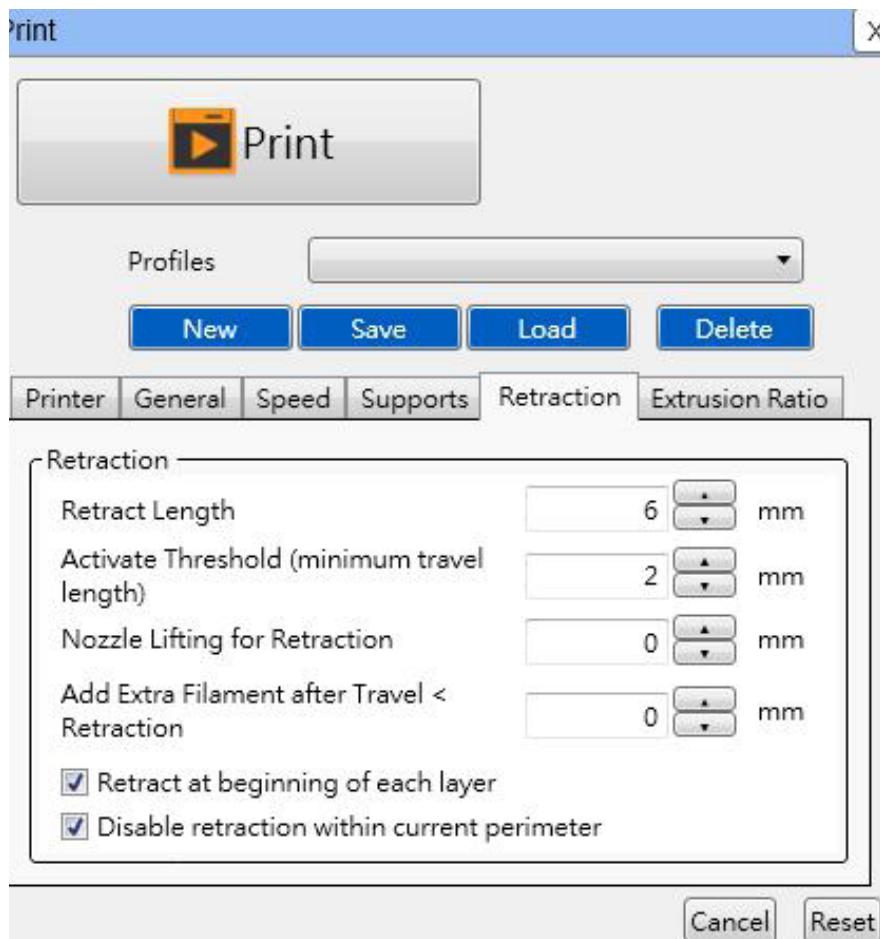
Предусмотрено три варианта плотности опор:

- низкая;
- стандартная;
- высокая.

Низкая плотность опор подходит для печати большинства объектов и облегчает удаление опор.



11.5 Отвод



11.5.1 Длина отвода

Во время печати объекта перед значительным перемещением печатающего модуля, нить для печати отводится назад, чтобы создать в сопле незначительное отрицательное давление. Это позволяет предотвратить прилипание материала к объекту во время перемещения и улучшить качество поверхности объекта.

11.5.2 Порог активации

Эта настройка позволяет задать момент активации механизма отвода. В режиме настройки в качестве порога активации механизма отвода обычно устанавливают минимальное расстояние перемещения печатающего модуля.

11.5.3 Высота подъема при отводе экструдера

После отвода печатающий модуль будет подниматься на заданную высоту. Это действие предотвращает прилипание материала к объекту и делает более аккуратной конечную точку прекращения печати. Однако следует помнить, что подъем на слишком большую высоту увеличит времена подготовки к следующему слою печати, и часть материала может охладиться, что ухудшит соединение слоев.

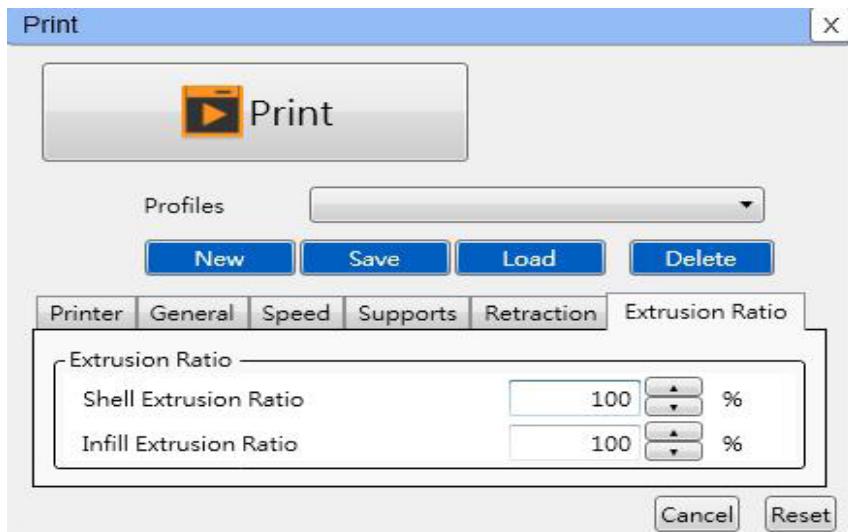
11.5.4 Добавление нити после перемещения < отвода

Компенсация материала позволяет устраниить пустоты или недостаточную подачу материала вследствие чрезмерного отвода экструдера.

11.6 Коэффициент выхода

Объем выхода материала можно регулировать для оболочки и заполнения.

Настройка по умолчанию: 100%. Это значение можно уменьшить, чтобы сократить количество подаваемой нити, в результате чего будут формироваться более тонкие линии. Повышение этого значения приведет к увеличению подаваемого материала, повышению насыщенности и формированию более толстых линий.



11.6.1 Коэффициент выхода каркаса

Диапазон выхода материала: 80–200%.

Увеличение коэффициента выхода каркаса приведет к созданию более толстого каркаса, а уменьшение — к созданию каркаса меньшей толщины.

Для формирования более толстого каркаса можно изменить настройки «Толщина слоя» и «Слой гравировки». Коэффициент выхода каркаса можно уменьшить, чтобы сократить избыточность.

11.6.2 Коэффициент выхода заполнения

Диапазон выхода материала: 80–200%.

Увеличение коэффициента выхода заполнения приведет к созданию более компактных линий заполнения, а уменьшение — к созданию более тонких линий.

Для создания более прочного объекта можно отрегулировать толщину слоя и толщину каркаса, а также уменьшить коэффициент выхода заполнения для повышения качества готового изделия.

Совет

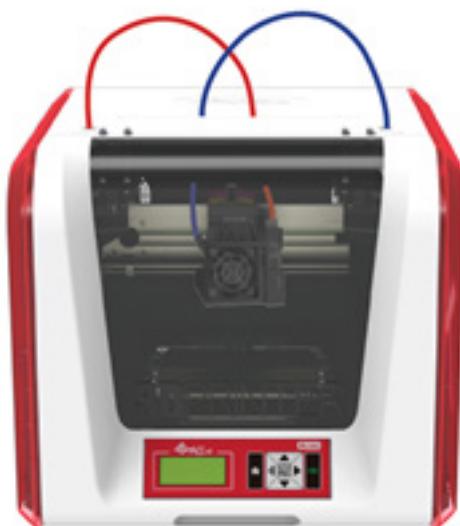
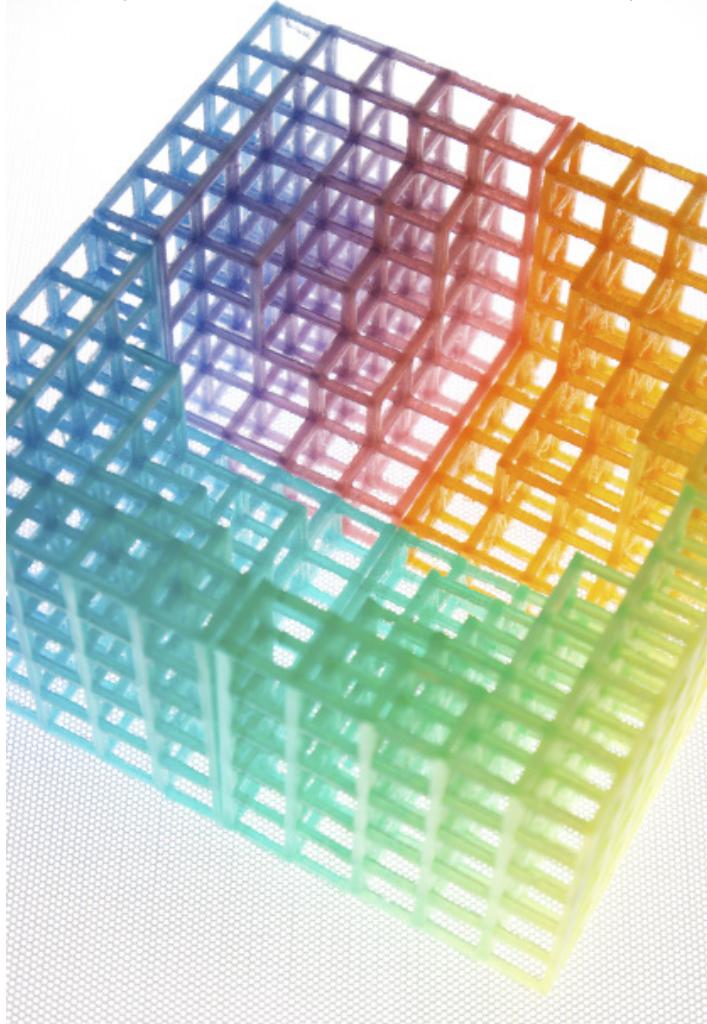
Рекомендованный диапазон значений коэффициента выхода заполнения: 90–110%.

12. Режим многоцветной печати в приложении XYZware

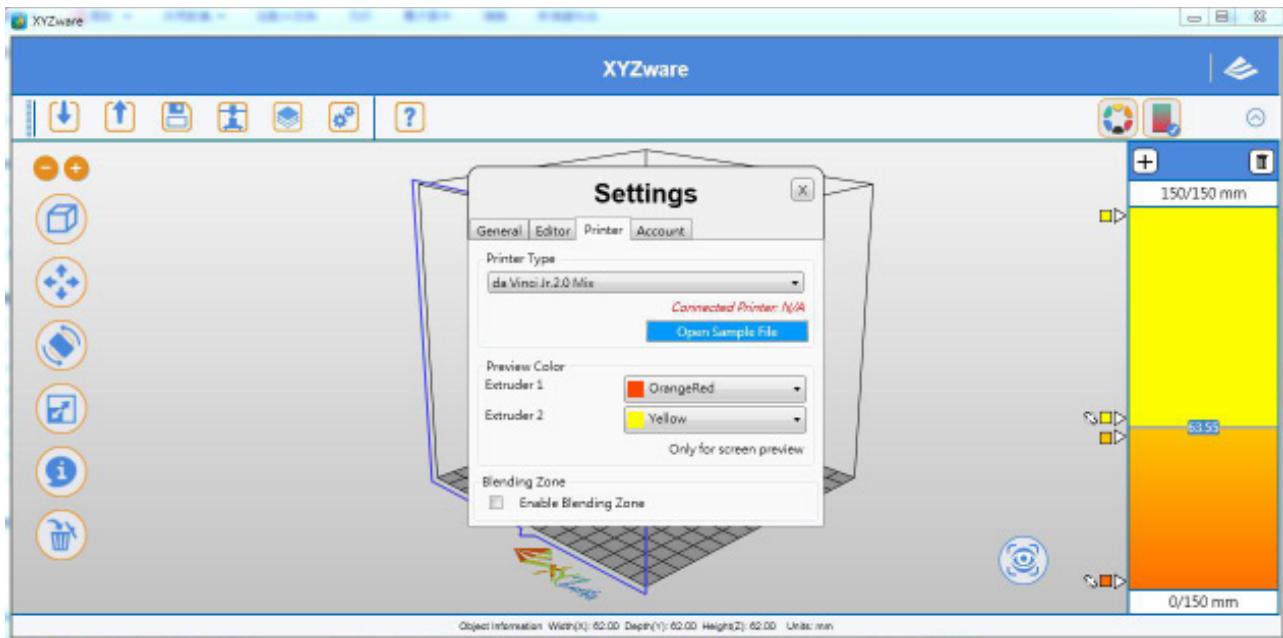
Режим многоцветной печати, которому посвящен данный раздел, используется с определенными моделями принтеров. Пользователь может задать в приложении XYZware требуемый коэффициент смешивания цветов. Фактический цвет распечатанного объекта может отличаться от смешанного цвета, отображающегося в программе XYZware, вследствие колебаний температуры в помещении и остаточных цветов после предыдущей печати. Это нормальное явление. Рекомендуется использовать функцию «Загрузка нити» и выполнить печать для удаления остатков нитей других цветов.

Перед использованием режима многоцветной печати удостоверьтесь, что выполнены указанные ниже требования.

1. Приложение XYZware обновлено до необходимой версии: как минимум 2.1.12.4.
2. Используется принтер модели da Vinci Junior 2.0 Mix (далее — da Vinci Jr. 2.0 Mix).

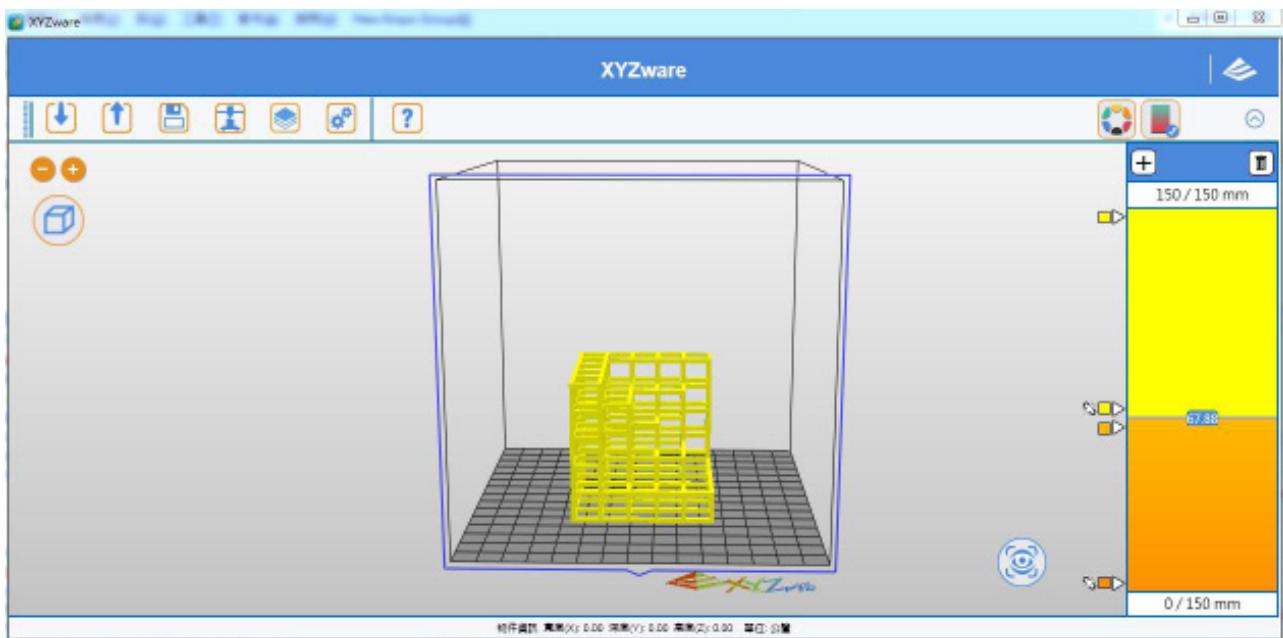


12.1 Настройки принтера



Примечание: в окне «Настройки» можно задать модель принтера и предварительно просмотреть цвета материала в печатающих модулях 1 и 2. Фактический результат зависит от цвета нити, загруженной в принтер.

12.2 Интерфейс пользователя и панель инструментов



Многоцветный режим

— В этом режиме можно задать различные цвета объектам из разных исходных файлов.

Режим смешивания

— В этом режиме можно задать различные цветовые блоки по высоте. Каждый блок может содержать один цвет или градиент цветов.

Добавление цветовых узлов

— Добавьте несколько цветовых узлов, чтобы объект стал более красочным.

Удаление цветового узла

Начальный цвет

 **Блокировка цвета** (см. выше)

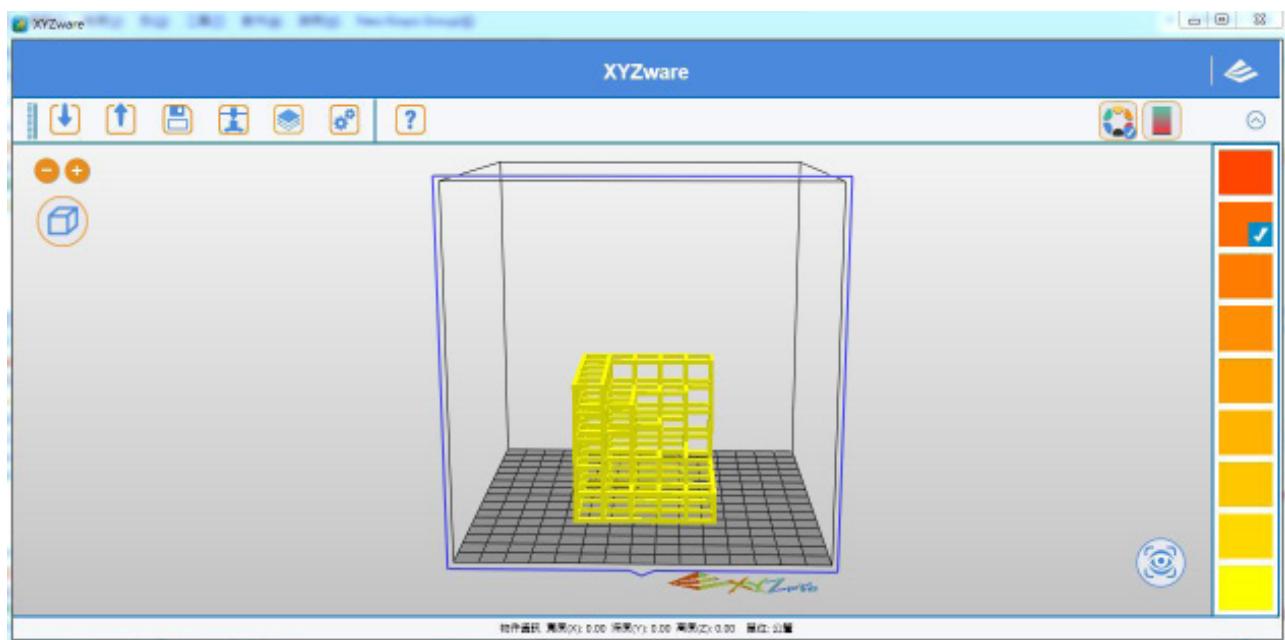
Высота цвета объекта

— Размер цветной области объекта.

Представление объекта

Панель цветов

— Эта панель позволяет смешивать цвета, используя коэффициенты, определенные приложением. В этом режиме цветовые градиенты не поддерживаются.

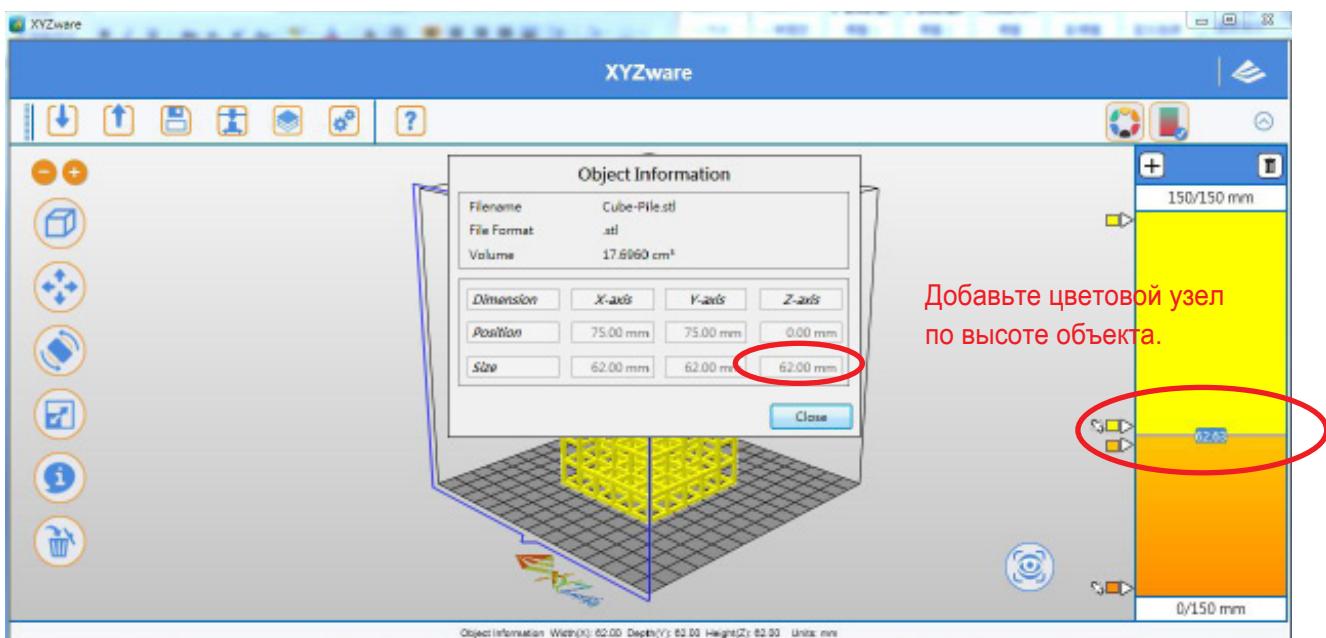


12.3 Режим смешивания

В режиме смешивания можно осуществлять градиентную многоцветную печать одного объекта, см. инструкции ниже.

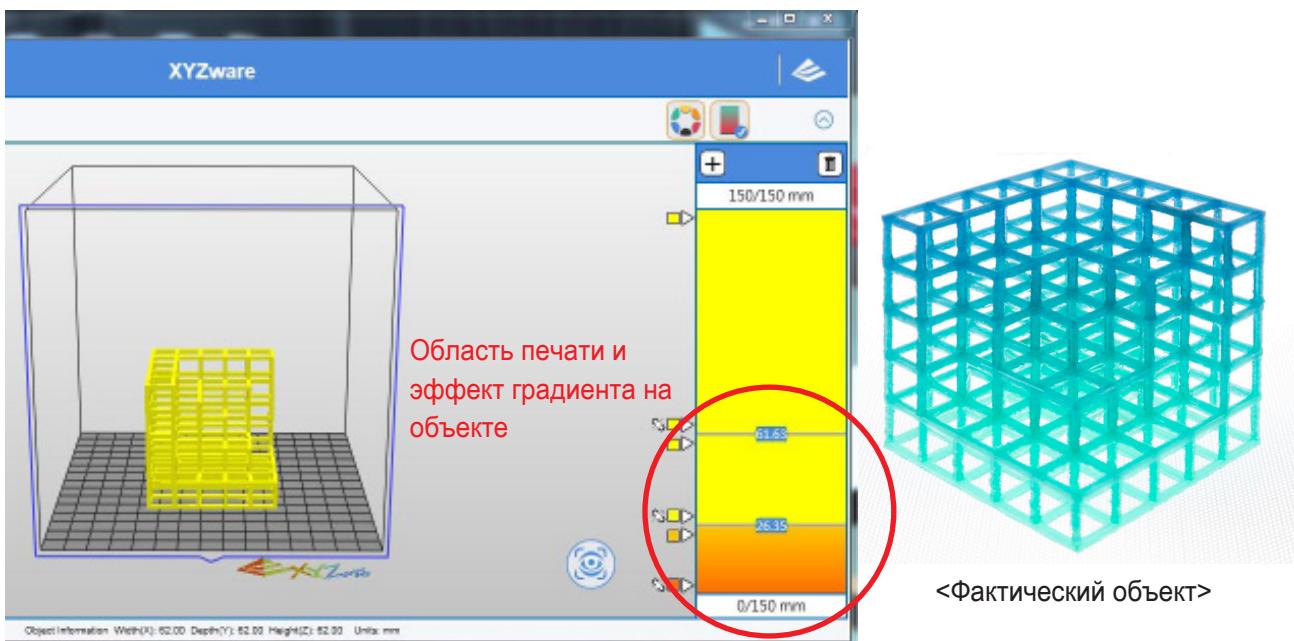
Шаг 1. Импортируйте файл объекта (*.STL).

Шаг 2. Определите высоту объекта. Нажмите кнопку «Режим смешивания» в панели инструментов в верхней части экрана, чтобы добавить цветовой узел по высоте объекта (в качестве примера на рисунке ниже показана высота 62 мм).



Примечание: высоту объекта можно определить, нажав кнопку «Сведения» в панели инструментов в левой части экрана (ось Z соответствует высоте объекта).

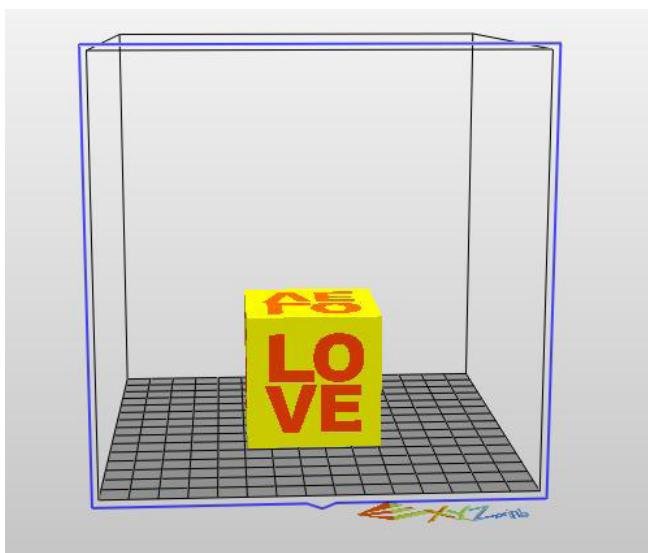
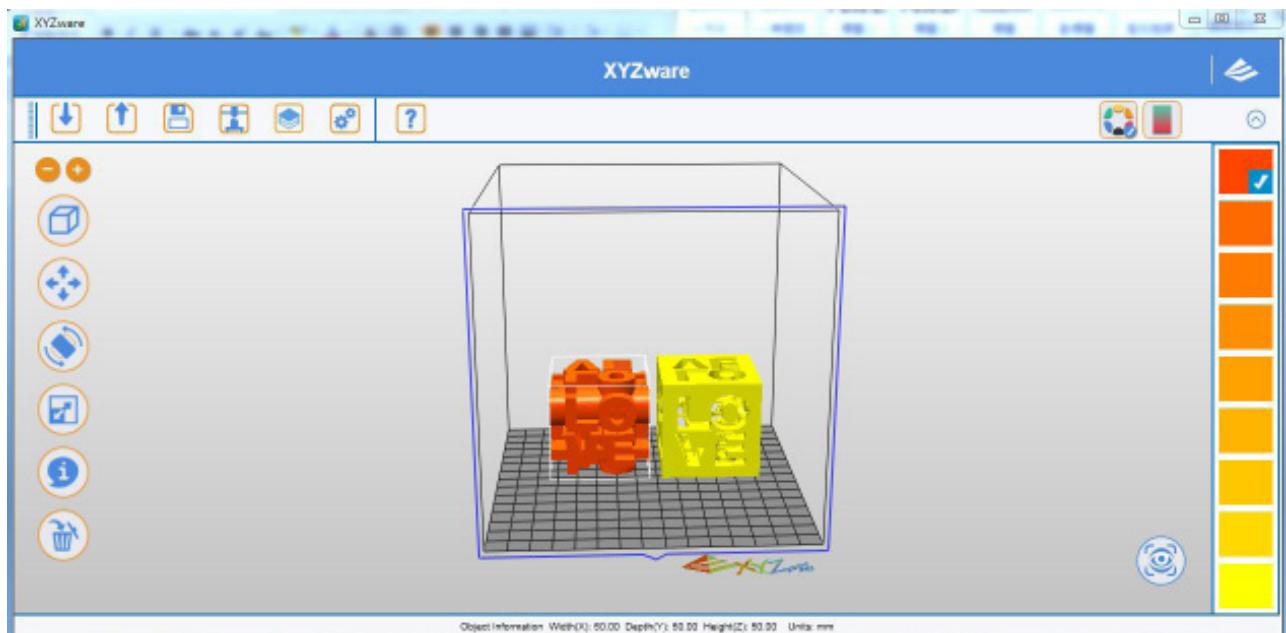
Шаг 3. Добавьте цветовой узел и настройте высоту и цвет. Также можно задать несколько цветовых узлов. Приложение XYZware отобразит градиент объекта. Фактический результат зависит от цвета загруженных нитей.



12.4 Многоцветный режим

Принтер da Vinci Jr. 2.0 Mix поддерживает стандартную многоцветную печать. Нажмите кнопку «Многоцветный режим» в панели инструментов в верхней части экрана, и приложение создаст палитру для использования в соответствии с соотношением цветов.

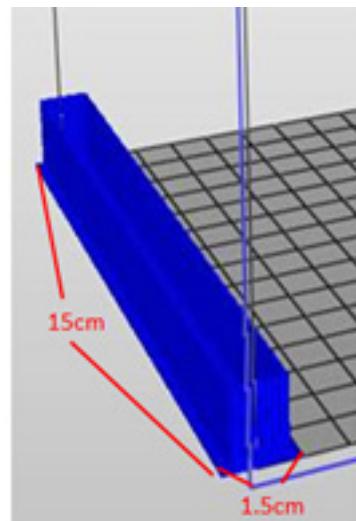
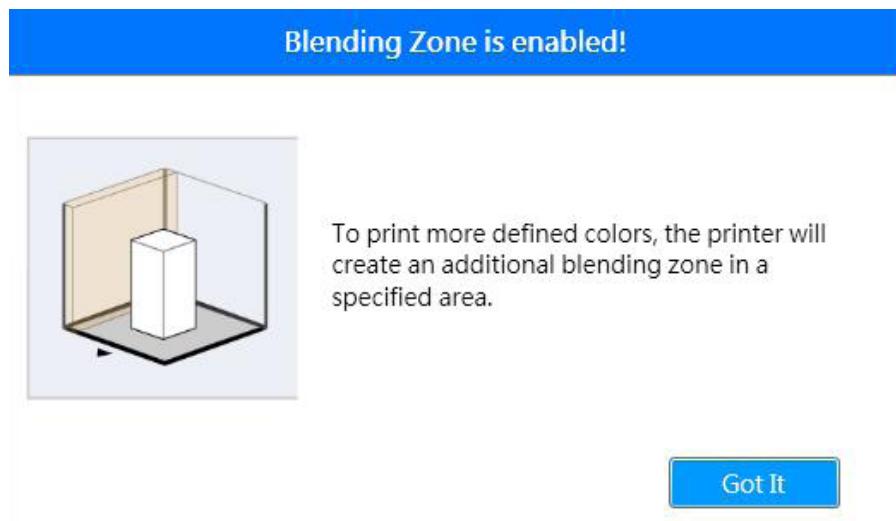
Для каждого объекта можно выбрать только один цвет. В этом режиме цветовые градиенты не поддерживаются.



12.5 Зона смешивания

Для печати модели одновременно несколькими цветами установите флажок «Включить зону смешивания». Для печати модели в монохромной схеме цветов снимите этот флажок.

После включения функции палитры принтер создаст стенки для разделения материалов, и зона печати будет размером 14 x 15 x 15 см (Ш x Г x В).



Примечание: дополнительные сведения о двухцветной печати см. в следующих разделах:

- 4.2 «Двухцветная печать»;
- 5.5 «Сведения»;
- 8.4 «Автоматическое расположение объектов».



**Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации**

**ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского»**

**Материалы дополнительного обучающего
курса «Трёхмерное моделирование деталей
и сборочных единиц в системе
КОМПАС-3D для последующей
3D-печати»**

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского»**

**УТВЕРЖДАЮ
Второй проректор по учебной работе**

_____ А.И. Калоша

01 сентября 2021 г.

**ПРОГРАММА
обучающего курса
«Трёхмерное моделирование деталей и сборочных единиц
в системе КОМПАС-3D для последующей 3D-печати»**

Брянск 2021

1. ЦЕЛЬ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

Целью программы является формирование у слушателей профессиональной компетенции, связанной с умением использовать системы автоматизированного проектирования и специализированные системы автоматизированного проектирования для подготовки трехмерных геометрических моделей для последующей 3D-печати.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование знаний и умений для выполнения трудовых функций согласно Профессиональному стандарту №215 «Конструктор в автомобилестроении» (утвержден Министерством приказом труда и социальной защиты РФ 10 октября 2014 г. №690н). Этот профстандарт выбран как примерный, так как наиболее соответствует профилю деятельности при построении трехмерных моделей. В том числе:

- умение использовать системы автоматизированного проектирования в рамках выполнения трудовой функций 3.1.1 «Разработка конструкторской документации на детали и узлы», 3.1.5 «Создание простых трехмерных математических моделей деталей и узлов», 3.1.9 «Разработка чертежей или электронных моделей для руководства по техническому обслуживанию и ремонту», 3.2.1 «Разработка конструкции деталей и узлов», 3.2.2. «Разработка конструкторской документации на детали, узлы, агрегаты и системы», 3.2.7. «Создание трехмерных математических моделей деталей, узлов, агрегатов и автомобиля», 3.2.9 «Разработка материалов для эксплуатационно-технической документации», 3.3.2 «Разработка сложных и нестандартных конструкций и конструкторской документации с учетом современных технологий изготовления и сборки», 3.3.10 «Организация и осуществление разработки эксплуатационно-технической документации», 3.4.3 «Организация разработки конструкторской документации на узлы, агрегаты, системы и автомобиль»;
- умение использовать специализированные системы автоматизированного проектирования в рамках выполнения трудовых функций «Создание простых трехмерных математических моделей деталей и узлов»;
- знание систем автоматизированного проектирования в рамках выполнения трудовой функций 3.3.2 «Разработка сложных и нестандартных конструкций и конструкторской документации с учетом современных технологий изготовления и сборки»;
- знание специализированных систем автоматизированного проектирования в рамках выполнения трудовой функций 3.1.5 «Создание простых трехмерных математических моделей деталей и узлов», 3.2.7. проектирования в рамках выполнения трудовой функции «Создание трехмерных математических моделей деталей, узлов, агрегатов и автомобиля».

2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

В результате освоения программы слушатель должен приобрести следующие знания и умения, необходимые для принятия оптимальных управлеченческих решений в различных хозяйствующих субъектах с использованием информационных технологий:

слушатель должен знать:

- З1: основы автоматизированного проектирования;
- З2: системы автоматизированного проектирования;
- З3: специализированные системы автоматизированного проектирования;
- З4: методику преподавания автоматизированного проектирования;

слушатель должен уметь:

- У1: использовать системы автоматизированного проектирования;
- У2: использовать специализированные системы автоматизированного проектирования.
- У3: преподавать основы автоматизированного проектирования.

3. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ПОДГОТОВКИ ПОСТУПАЮЩЕГО НА ОБУЧЕНИЕ

Лица, имеющие или получающие высшее педагогическое образование.

4. ТРУДОЕМКОСТЬ ОБУЧЕНИЯ

Нормативная трудоемкость программы составляет **32** часа.

5. ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Очная (с полным отрывом от производства). Реализация программы на базе Факультета дополнительного образования позволяет организовать подготовку без отрыва от производства в соответствии с расписанием.

6. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Учебный план программы обучающего курса

Наименование раздела, дисциплин (модулей)	Всего, ауд. час.	Аудиторные занятия, час.	
		Лекции	Практические занятия
Тема 1. Основы автоматизированного проектирования и построения трехмерных моделей в CAD-системах	2	2	-
Тема 2. Программный комплекс КОМПАС-3D v17: структура, интерфейс, основные приемы работы	4	-	4
Тема 3. Построение трехмерных моделей деталей	10	-	10
Тема 4. Построение трехмерных моделей сборочных единиц	10	-	10
Тема 5. Преподавание основ автоматизированного проектирования	6	2	4
Итого	32	4	28

7. КАЛЕНДАРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ГРАФИК

Календарный график учебного процесса по программе обучающего курса «Трёхмерное моделирование деталей и сборочных единиц в системе КОМПАС-3D» (базовый уровень) определяется расписанием учебных занятий, при наборе группы на обучение.

8. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА РАЗДЕЛА, ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Тема 1. Основы автоматизированного проектирования и построения трехмерных моделей в CAD-системах

Системы автоматизированного проектирования: понятие, классификация, взаимосвязь, CAD-системы, виды компьютерного геометрического моделирования.

Трехмерное твердотельное моделирование: понятие, пространство построения, эскизы, основные операции, история построения, параметризация.

Выбор стратегии построения детали или сборочной единицы.

Основы использования трехмерных геометрических моделей для дальнейших расчетов методом конечных элементов.

Демонстрация работы в программном комплексе КОМПАС-3D v17.

Тема 2. Программный комплекс КОМПАС-3D v17: структура, интерфейс, основные приемы работы.

Основные элементы интерфейса: стартовая страница, главное окно, меню, панели инструментов, область построения.

Отличия интерфейса версии v17 от предыдущих версий.

Основные виды разрабатываемых документов (файлов): деталь, сборка, чертеж, фрагмент, спецификация, текстовый документ.

Настройка отображения детали, произвольные и стандартные виды.

Инструменты построения эскизов и чертежей: построение, редактирование, удаление кривых и фигур; привязки; понятие о циклическом вводе объектов; управление параметрами эскиза; построение вспомогательной геометрии.

Тема 3. Построение трехмерных моделей деталей.

Настройка единиц измерения.

Настройка параметров сетки рабочей области.

Геометрическая операция выдавливания: требования к эскизу, выбор эскиза и направления выдавливания, выдавливание в обе стороны, симметричное выдавливание, выдавливание под углом, создание тонкостенного элемента, настройка параметров операции, результат объединения.

Свойства модели: изменение названия, настройка материала.

Элемент геометрической модели: изменение названия, настройка цвета детали, элемента геометрической модели, грани.

Вырезание материала с помощью геометрических операций.

Настройка точности отрисовки и вычисления МЦХ.

Геометрическая операция вращения: требования к эскизу, выбор эскиза и оси вращения, тип построения, вращение на заданный угол, вращение в обе стороны, симметричное вращение, создание тонкостенного элемента, настройка параметров операции.

Геометрическая операция по сечениям: требования к эскизам, построение вспомогательных плоскостей, построение эскизов, создание тонкостенного элемента, настройка параметров операции.

Кинематическая геометрическая операция: требования к эскизам, выбор эскиза и направления движения, настройка параметров операции.

Построение скруглений и фасок.

Построение простых отверстий.

Построение массивов и симметричных отражений элементов.

Использование трехмерных моделей для разработки конструкторской документации.

Тема 4. Построение трехмерных моделей сборочных единиц.

Работа со сборками: добавление деталей, редактирование деталей на месте, использование сопряжений, фиксация элементов, добавление разрезов, настройка отображения.

Тема 5. Преподавание основ автоматизированного проектирования

Основные дидактические единицы.

План занятий по автоматизированному проектированию.

Методика проведения занятий

Перечень практических занятий

№ темы	Наименование практических занятий	Трудоемкость час.
2	Демонстрация работы в программном комплексе: основные элементы интерфейса: стартовая страница, главное окно, меню, панели инструментов, область построения. Отличия интерфейса версии v17 от предыдущих версий. Основные виды разрабатываемых документов (файлов): деталь, сборка, чертеж, фрагмент, спецификация, текстовый документ. Настройка отображения детали, произвольные и стандартные виды.	2

2	Инструменты построения эскизов и чертежей: построение, редактирование, удаление кривых и фигур; привязки; понятие о циклическом вводе объектов; управление параметрами эскиза; построение вспомогательной геометрии. Выполнение практических заданий по построению эскизов.	2
3	Демонстрация работы в программном комплексе: настройка единиц измерения, настройка параметров сетки рабочей области, использование геометрической операции выдавливания, вырезание материала с помощью геометрических операций, настройка свойств модели, настройка точности отрисовки и вычисления МЦХ. Самостоятельная отработка данных действий.	2
3	Демонстрация работы в программном комплексе: использование геометрической операции вращения, комбинирование операций выдавливания и вращения (в том числе вырезание). Самостоятельная отработка данных действий.	1
3	Демонстрация работы в программном комплексе: использование геометрической операции по сечениям, комбинирование операций выдавливания, вращения и по сечениям (в том числе вырезание). Самостоятельная отработка данных действий.	1
3	Демонстрация работы в программном комплексе: использование Кинематической геометрической операции, комбинирование операций выдавливания, вращения, по сечениям и кинематической (в том числе вырезание). Самостоятельная отработка данных действий.	1
3	Демонстрация работы в программном комплексе: построение скруглений и фасок, построение простых отверстий, построение массивов и симметричных отражений элементов, использование трехмерных моделей для разработки конструкторской документации. Самостоятельная отработка данных действий.	1
3	Построение трехмерных моделей деталей по индивидуальным заданиям	4
4	Демонстрация работы со сборками: добавление деталей, редактирование деталей на месте, использование сопряжений, фиксация элементов, добавление разрезов, настройка отображения	2
4	Самостоятельное построение по индивидуальным заданиям деталей, входящих в сборку	6
4	Самостоятельное построение сборок по индивидуальным заданиям	2
5	Проведение занятия	4
Итого		

9. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

9.1. Материально-технические условия

Наименование специализированных учебных помещений	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
Учебный класс учебного центра	Лекции	Оборудование: Мультимедийный проектор, экран, ноутбук, доска, мебель ученическая, кондиционер. Программные средства: Microsoft Office, Adobe Acrobat Reader, КОМПАС-3D v17.
Компьютерный класс №210а	Практические занятия	Оборудование: Плазменная широкоформатная панель, ноутбук, DVD-плеер, персональные компьютеры, мебель, кондиционер. Программные средства: Microsoft Office, Adobe Acrobat Reader, КОМПАС-3D v17.

9.2. Учебно-методическое и информационное обеспечение

По всем разделам программы используются следующие материалы:

Печатные раздаточные материалы для слушателей:

Подготовлены презентационные раздаточные листы (по отдельным темам обучающего курса) и мультимедийные презентации для демонстрации во время занятий.

Учебные пособия:

1. Компас-3D: руководство пользователя.
2. Основы автоматизированного проектирования. Построение геометрической модели инженерного объекта в CAD-системе: метод. пособ. / И.А. Лагерев. – Брянск: БГТУ, 2012. – 16 с.
3. Трехмерное моделирование в системе КОМПАС-3D: учеб. пособ. / А.Л. Бочков. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2007. – 84 с.
4. Моделирование трехмерных объектов в среде КОМПАС-3D: учеб. пособ. / А.Л. Бочков. – Волгоград: ВолгГТУ, 2006. – 216 с.
5. Основы автоматизированного проектирования. Построение геометрической модели инженерного объекта в CAD-системе: метод. пособ. / И.А. Лагерев. – Брянск: БГТУ, 2013. – 16 с.
6. Вершинский, А.В. Численный анализ металлических конструкций подъемно-транспортных машин: учеб. пособ. / А.В. Вершинский, И.А. Лагерев, А.Н. Шубин [и др.]. – Брянск: БГУ, 2014. – 186 с. – ISBN 978-5-9734-0195-5.
7. Вершинский, А.В. Расчет металлических конструкций подъемно-транспортных машин методом конечных элементов: учеб. пособ. / А.В. Вершинский, И.А. Лагерев, А.Н. Шубин [и др.]. – Брянск: БГУ, 2015. – 210 с. – ISBN 978-5-9734-0218-1.

Профильная литература:

1. Журнал "CADmaster" – <http://www.cadmaster.ru>.
2. Журнал "САПР и Графика" – <http://sapr.ru>.

Электронные ресурсы:

- Азбука «Компас-график» – встроенный инструмент программного комплекса КОМПАС-3D v17 – справочное пособие по построению чертежей и эскизов;
- <http://kompas.ru> – официальный сайт программного комплекса КОМПАС-3D v17;
- <http://forum.ascon.ru> – официальный форум пользователей программного комплекса КОМПАС-3D v17;
- <https://edu.ascon.ru/main/library/methods/?cat=35> – методические указания для обучающихся по работе в программном комплексе КОМПАС-3D v17 от АО «Аскон».
- Электронная система обучения БГУ: <https://www.eso-bgu.ru>.

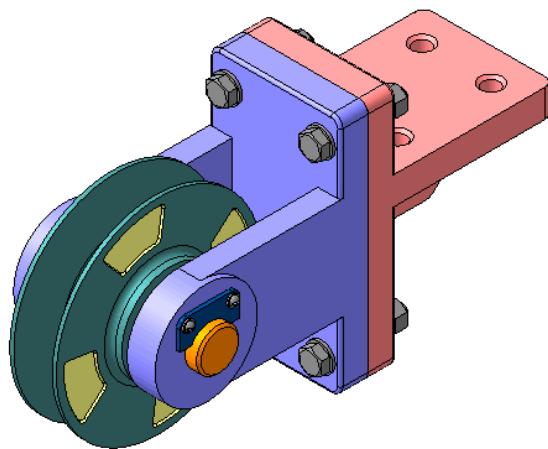
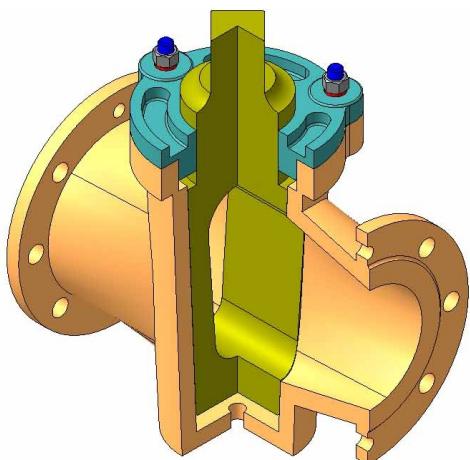
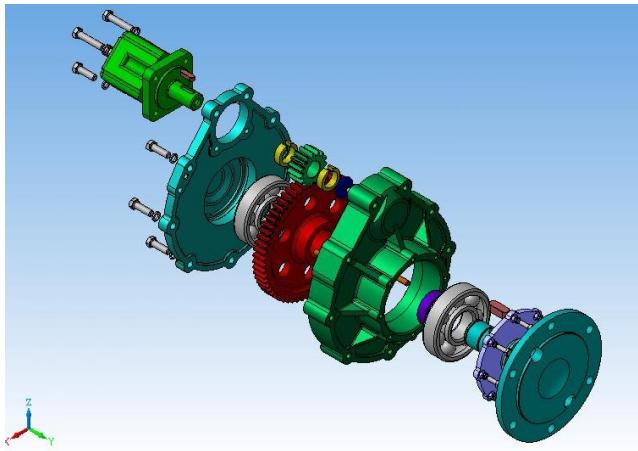
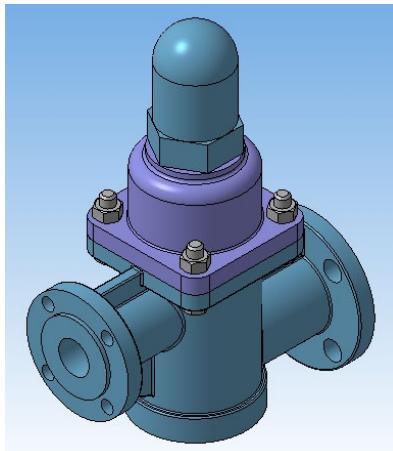
9.3. Кадровые условия

К реализации программы привлекаются сотрудники учебного центра из числа профессорско-преподавательского состава вуза-партнера, как правило, кандидаты наук, а также специалисты и практики, чья профессиональная деятельность связана с использованием программного комплекса КОМПАС-3D v17.

10. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Оценка качества освоения программы предполагает выполнение слушателем трехмерной геометрической модели сборочного узла, прохождение итогового тестирования.

Пример выполненных заданий по моделированию



Во время представления результатов слушатель должен:

- объяснить последовательность построения отдельных деталей, входящих в сборку;
- предложить другие стратегии построения деталей, входящих в сборку;
- свободно редактировать отдельные детали, входящие в сборку, в том числе на месте;
- свободно редактировать сопряжения деталей, входящие в сборку.

Примерные вопросы для теста

Тест составлен с учетом возможности определения уровня умения пользоваться программным комплексом (начальный, базовый, продвинутый, высокий).

1. Как расшифровывается аббревиатура САПР?

- А – Системы автоматического проектирования
- Б – Службы автоматизированного проектирования
- В – Системы автоматизированного проектирования
- Г – Системы автомобильного проектирования
- Д – Службы автономного проектирования

2. Какие виды документов можно создать в программном комплексе КОМПАС-3Д?

- А – Деталь, сборка, этикетка, дизайн-макет
- Б – Деталь, сборка, фрагмент, спецификация
- В – Чертеж, фрагмент, обложка, талон
- Г – Деталь, детализировка, рисунок, текст
- Д – Пояснительная записка, спецификация, этalon, трехмерная деталь

3. Какое действие выполнит программа КОМПАС-3D v. 17 при нажатие кнопки ?

- А – Откроется окно импорта видов на основе трехмерной модели
- Б – Откроется окно выбора деталей для включения в сборку
- В – Текущий файл будет включен в проект
- Г – Текущий файл будет исключен из проекта
- Д – Ничего не произойдет

4. Назовите операции «параллельность», «соосность», «касание», «на расстоянии», «совпадение объектов» одним словом.

- А – совпадения
- Б – сопряжения
- В – соотношения
- Г – совокупности
- Д – серийности

5. Частным случаем какой операции является операция выдавливания?

- А – операция вращения
- Б – операция по сечениям
- В – кинематическая операция
- Г – операция создания геометрического массива
- Д – никаким частным случаем не является

Приложения

Приложение 1. Фонд оценочных средств

11. СОСТАВИТЕЛЬ ПРОГРАММЫ

Лагерев Игорь Александрович, доктор технических наук, доцент, проректор по инновационной работе ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»

01.09.2021 г.

И.А. Лагерев

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского»**

**УТВЕРЖДАЮ
Второй проректор по учебной работе**

_____ А.И. Калоша

01 сентября 2021 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
обучающего курса
«Трёхмерное моделирование деталей и сборочных единиц
в системе КОМПАС-3D для последующей 3D-печати»**

Брянск 2021

**Паспорт
фонда оценочных средств**

Дескрипторные характеристики результатов обучения	Наименование оценочного средства (процедуры оценивания)
ЗНАТЬ	
31: основы автоматизированного проектирования	- Тест (задание 1-3) - Опрос устный - Групповая дискуссия - Итоговый контроль (зачет)
32: системы автоматизированного проектирования	- Тест (задание 4-31) - Опрос устный - Ситуационная задача - Итоговый контроль (зачет)
33: специализированные системы автоматизированного проектирования	- Тест (задание 32-37) - Опрос устный - Итоговый контроль (зачет)
34: методику преподавания автоматизированного проектирования;	- Опрос устный - Защита результатов практического занятия - Итоговый контроль (зачет)
УМЕТЬ	
У1: использовать системы автоматизированного проектирования;	- Тест (задание 4-31) - Опрос устный - Защита результатов практического занятия - Итоговый контроль (зачет)
У2: использовать специализированные системы автоматизированного проектирования.	- Тест (задание 32-37) - Опрос устный - Защита результатов практического занятия - Итоговый контроль (зачет)
У3: преподавать основы автоматизированного проектирования.	- Опрос устный - Защита результатов практического занятия - Итоговый контроль (зачет)

Приложение 1

Перечень тем, проблемных вопросов для проведения групповой дискуссии

1. Какие преимущества дало применение CAD-систем по сравнению с традиционными способами разработки конструкторской документации?
2. Как наилучшим способом совместить применение CAD и CAE систем?
3. Сложно ли перейти от одной CAD-системы к другой? Разобрать вопрос на примере Компас-3D и NX?
4. В чем принципиальные различия моделирования объемных и тонкостенных деталей?
5. Как я смогу применять трехмерное моделирование в своей деятельности?
6. Могут ли навыки использования современных расчетных методов и САПР заменить богатый конструкторский опыт?
7. Как повысить эффективность самостоятельного изучения программы «Компас 3D»?

Критерии оценки:

Оценка	Критерии
Отлично (5 баллов)	Соответствие выступления теме дискуссии, выделение основной мысли, логика ясная, четкая, аргументированное изложение своей позиции, умение обобщать и делать выводы. Форма представления позиции и аргументов показывает культуру общения, конструктивная критика мнения собеседника
Хорошо (4 балла)	Позиция в основном сформулирована, подтверждается аргументами, логичностью изложения. Демонстрирует культуру общения
Удовлетворительно (3 балла)	Позиция сформулирована нечетко. Не все аргументы основаны на фактах. Логика нечеткая, аргументы не всегда поддерживают позицию
Неудовлетворительно (2 балла)	Отсутствие собственной точки зрения. Отсутствие аргументов или они не основаны на фактах. Логика отсутствует. Отсутствие понимания культуры общения

**Вопросы для устного опроса, защиты результатов практического занятия,
итогового контроля (зачета)**

1. Системы автоматизированного проектирования: понятие, классификация, взаимосвязь.
2. CAD-системы.
3. CAE-системы.
4. Виды компьютерного геометрического моделирования.
5. Трехмерное твердотельное моделирование: понятие, пространство построения, эскизы, основные операции, история построения, параметризация.
6. Выбор стратегии построения детали или сборочной единицы.
7. Основы использования трехмерных геометрических моделей для дальнейших расчетов методом конечных элементов.
8. Основные элементы интерфейса КОМПАС-3D v17: стартовая страница, главное окно, меню, панели инструментов, область построения.
9. В чем отличия интерфейса версии v17 от предыдущих версий?
10. Основные виды разрабатываемых документов (файлов): деталь, сборка, чертеж, фрагмент, спецификация, текстовый документ.
11. Настройка отображения детали, произвольные и стандартные виды.
12. Инструменты построения эскизов и чертежей: построение, редактирование, удаление кривых и фигур; привязки; понятие о циклическом вводе объектов; управление параметрами эскиза; построение вспомогательной геометрии.
13. Настройка единиц измерения.
14. Геометрическая операция выдавливания: требования к эскизу, выбор эскиза и направления выдавливания, выдавливание в обе стороны, симметричное выдавливание, выдавливание под углом, создание тонкостенного элемента, настройка параметров операции, результат объединения.
15. Геометрическая операция вращения: требования к эскизу, выбор эскиза и оси вращения, тип построения, вращение на заданный угол, вращение в обе стороны, симметричное вращение, создание тонкостенного элемента, настройка параметров операции.
16. Геометрическая операция по сечениям: требования к эскизам, построение вспомогательных плоскостей, построение эскизов, создание тонкостенного элемента, настройка параметров операции.
17. Кинематическая геометрическая операция: требования к эскизам, выбор эскиза и направления движения, настройка параметров операции.
18. Свойства модели: изменение названия, настройка материала.
19. Элемент геометрической модели: изменение названия, настройка цвета детали, элемента геометрической модели, грани.
20. Вырезание материала с помощью геометрических операций.
21. Настройка точности отрисовки и вычисления МЦХ.
22. Построение скруглений и фасок.
23. Построение простых отверстий.
24. Построение массивов и симметричных отражений элементов.
25. Использование трехмерных моделей для разработки конструкторской документации.

26. Работа со сборками: добавление деталей, редактирование деталей на месте, использование сопряжений, фиксация элементов, добавление разрезов, настройка отображения.

27. Основные дидактические единицы.

28. План занятий по автоматизированному проектированию.

29. Методика проведения занятий

Критерии оценки:

Оценка	Критерии
Отлично (5 баллов)	На вопросы даны исчерпывающие ответы, целесообразно проиллюстрированные наглядными примерами. Ответы изложены грамотным научным языком, все термины употреблены корректно, все понятия раскрыты верно.
Хорошо (4 балла)	На вопросы даны в целом верные ответы, но с отдельными неточностями, не носящими принципиального характера. Не все термины употреблены правильно, присутствуют отдельные некорректные утверждения и грамматические / стилистические погрешности изложения. Ответы не проиллюстрированы примерами в должной мере.
Удовлетворительно (3 балла)	Ответы на вопросы носят фрагментарный характер, верные выводы перемежаются с неверными. Упущены содержательные блоки, необходимые для полного раскрытия темы. Студент в целом ориентируется в тематике учебного курса, но испытывает проблемы с раскрытием конкретных вопросов. Также оценка «удовлетворительно» ставится при верном ответе на один вопрос и неудовлетворительном ответе на другой.
Неудовлетворительно (2 балла)	Ответы на вопросы отсутствуют либо не соответствуют содержанию вопросов. Ключевые для учебного курса понятия, содержащиеся в вопросах, трактуются ошибочно.

Ситуационные задачи

Задача 1

Сформулируйте стратегию построения трехмерной модели в CAD-системе.



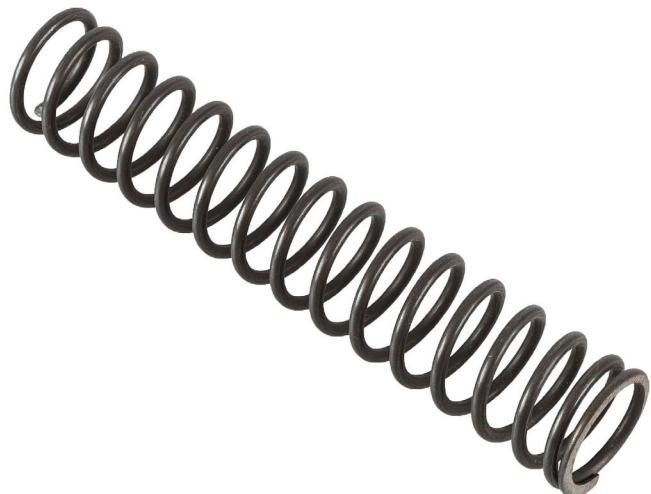
Задача 2

Сформулируйте стратегию построения трехмерной модели в CAD-системе.



Задача 3

Сформулируйте стратегию построения трехмерной модели в CAD-системе.



Задача 4

Сформулируйте стратегию построения трехмерной модели в CAD-системе.



Критерии оценки:

Оценка	Критерии
Отлично (5 баллов)	Соответствие ответа содержанию задачи, логика ответа ясная и четкая, аргументированное изложение своей позиции, умение обобщать и делать выводы. Предложенный алгоритм действий позволяет решить поставленную проблему. Предложены альтернативные пути решения проблемы. Предложены пути совершенствования деятельности с целью исключения возможности возникновения проблем, затронутых в ситуационной задаче
Хорошо (4 балла)	Позиция в основном сформулирована, подтверждается аргументами, логичностью изложения. Предложенный алгоритм действий позволяет решить поставленную проблему
Удовлетворительно (3 балла)	Позиция сформулирована нечетко. Не все аргументы основаны на фактах. Логика нечеткая, аргументы не всегда поддерживают позицию. Предложенный алгоритм действий не позволяет решить поставленную проблему или решает ее частично
Неудовлетворительно (2 балла)	Отсутствие собственной точки зрения. Отсутствие аргументов или они не основаны на фактах. Логика отсутствует. Предложенный алгоритм действий не позволяет решить поставленную проблему

Приложение 4

Комплект заданий для тестирования

1. Как расшифровывается аббревиатура САПР?

- А – Системы автоматического проектирования
- Б – Службы автоматизированного проектирования
- В – Системы автоматизированного проектирования
- Г – Системы автомобильного проектирования
- Д – Службы автономного проектирования

2. К какому виду САПР по целевому назначению относится программный комплекс КОМПАС-3Д?

- А – CALS
- Б – CAD
- В – CAE
- Г – CAM
- Д – CNC

3. Какие виды документов можно создать в программном комплексе КОМПАС-3Д?

- А – Деталь, сборка, этикетка, дизайн-макет
- Б – Деталь, сборка, фрагмент, спецификация
- В – Чертеж, фрагмент, обложка, талон
- Г – Деталь, деталировка, рисунок, текст
- Д – Пояснительная записка, спецификация, этalon, трехмерная деталь

4. Что позволяет сделать функция «Документ по шаблону»?

- А – Создать копию детали для внесения изменений
- Б – Создать пользовательский документ на основе его предыдущего опыта
- В – Создать бинарный документ по шаблону цифрового
- Г – Создать конструкторский документ с готовой рамкой
- Д – Создать текстовый документ для экспорта в Microsoft Office

5. Укажите основные элементы области построения трехмерной детали?

- А – Слои, прототипы, точки, прямые, оси, система координат
- Б – Начало координат, базовая поверхность шаблона, слои построения
- В – Начало координат, угловой дескриптор, плоскости построения
- Г – Точка отсчета, девиатор осей, плоскости построения
- Д – Начало координат, оси, плоскости построения

6. Какое действие выполнит программа КОМПАС-3Д v. 17 при нажатии кнопки ?

- А – Перейдет к предыдущему слову
- Б – Отменит последнее действие
- В – Закроет текущий документ
- Г – Отправит отчет на печать
- Д – Сдвинет активный объект влево

7. Какое действие выполнит программа КОМПАС-3D v. 17 при нажатие кнопки ?

- А – Сохранит текущий файл
- Б – Сохранит текущий файл под новым именем
- В – Сотрет текущий файл с диска
- Г – Сохранит файл в качестве шаблона
- Д – Сохранит изменения в машиностроительной библиотеке

8. Какое действие выполнит программа КОМПАС-3D v. 17 при нажатие кнопки ?

- А – Отсечет часть последней активной кривой
- Б – Отсечет часть выделенной плоскости
- В – Отсечет часть последней активной кривой до пересечения с любой другой фигурой
- Г – Отсечет часть выделенной кривой
- Д – Ничего не произойдет

9. Какое действие выполнит программа КОМПАС-3D v. 17 при нажатие кнопки ?

- А – Можна будет параметрически построить тонкостенное сечение
- Б – Откроется менеджер слоев
- В – Появится возможность ввести произвольный текст
- Г – Активируется режим разделения экрана для сравнения чертежей
- Д – Ничего не произойдет

10. Какое действие выполнит программа КОМПАС-3D v. 17 при нажатие кнопки ?

- А – Откроется окно импорта видов на основе трехмерной модели
- Б – Откроется окно выбора деталей для включения в сборку
- В – Текущий файл будет включен в проект
- Г – Текущий файл будет исключен из проекта
- Д – Ничего не произойдет

11. Каким способом можно построить прямоугольник при редактировании эскиза?

- А – По центру и вершине, по трем вершинам, по центру и двум точкам
- Б – По двум диагональным точкам, по касательной и двум вершинам
- В – По центру и вершине, по трем вершинам, по касательной и двум вершинам
- Г – По центру и вершине, по трем вершинам, чтением из файла
- Д – По двум диагональным точкам, чтением из файла, разбивкой многоугольника

12. Возможно ли создать размер без выносных линий?

- А – Да
- Б – Нет
- В – Только в эскизах при параметризации
- Г – Возможно было в более старых версиях (ниже v17)
- Д – Возможно только для линейных размеров

13. Какие параметры (минимальный набор) достаточно указать при осуществлении операции выдавливания?

- А – Расстояние
- Б – Эскиз, расстояние
- В – Эскиз, расстояние, угол
- Г – Эскиз, расстояние, ребро выдавливания
- Д – Эскиз, расстояние в одном направлении, расстояние в другом направлении

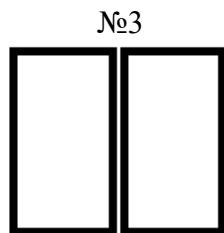
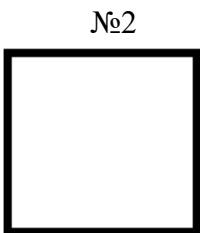
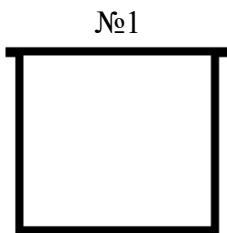
14. Может ли вырезаемый элемент выходить за границу элемента, из которого происходит вырезание?

- А – Да
- Б – Нет
- В – Да, если поставить соответствующую галочку в окне параметров операции
- Г – Да, но только в сборках
- Д – Да, но только для операции выдавливания

15. Возможно ли создать эскиз не в базовой плоскости и не во вспомогательной плоскости, а на поверхности объекта?

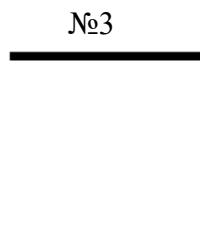
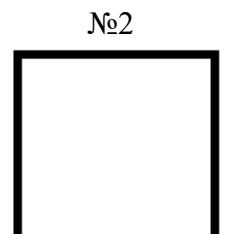
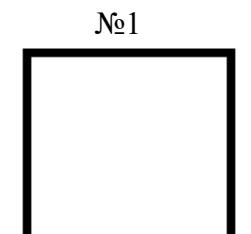
- А – Да, в любом случае
- Б – Нет, это невозможно
- В – Да, если эта поверхность является плоской
- Г – Да, если деталь состоит из одного геометрического элемента
- Д – Да, если эскиз предназначен для создания геометрических массивов

16. С использованием какого эскиза возможно осуществить геометрическую операцию выдавливания?



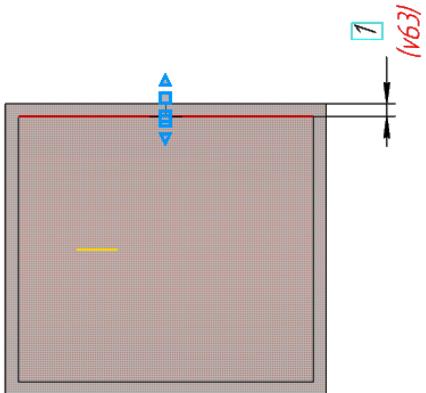
- А – №1
- Б – №2
- В – №3
- Г – №1 и №2
- Д – №2 и №3

17. С использованием какого эскиза возможно осуществить геометрическую операцию вращения?



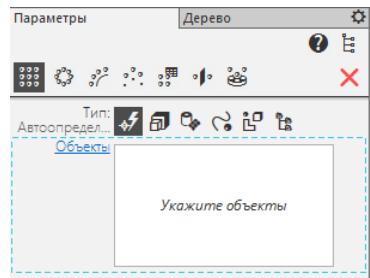
- А – №1
- Б – №2
- В – №3
- Г – №1 и №2
- Д – №1, №2 и №3

18. Какой тип тела вращения строится в этом случае?



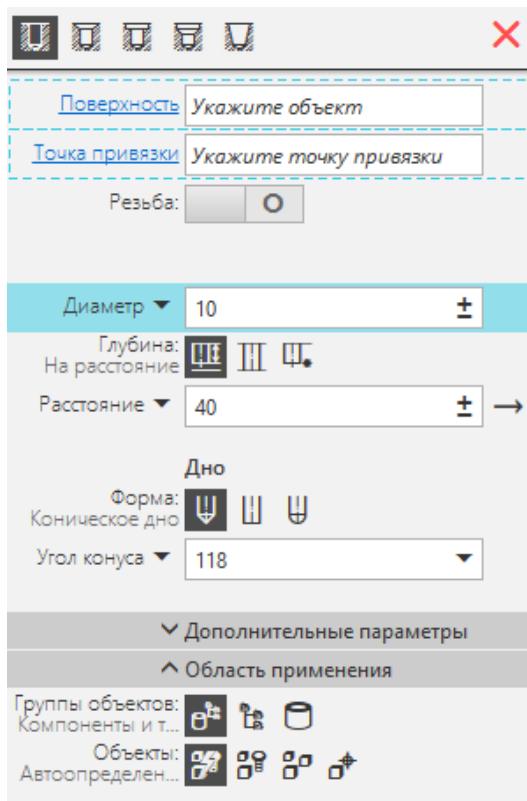
- А – Эллипсоид
- Б – СфEROид
- В – Тороид
- Г – Оболоид
- Д – ГипербОloid

19. Какая операция выполняется с использованием такой панели?



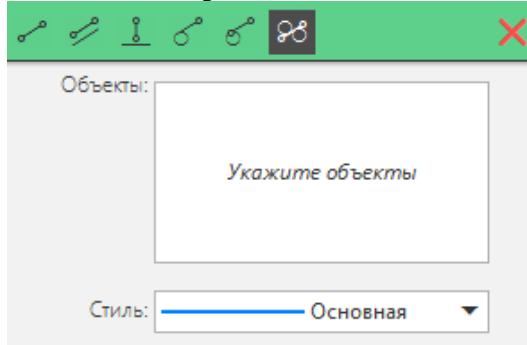
- А – Массив по сетке
- Б – Массив по таблице
- В – Массив по кривой
- Г – Массив по точкам
- Д – Массив зеркальный

20. Какая операция выполняется с использованием такой панели?



- A – Скругление
- Б – Уклон
- В – Фаска
- Г – Отверстие
- Д – Массив

21. Какая операция выполняется с использованием такой панели?



- А – Построение параллельного отрезка
- Б – Построение перпендикулярного отрезка
- В – Построение касательного отрезка
- Г – Построение касательной к двум кривым
- Д – Построение двух смежных окружностей

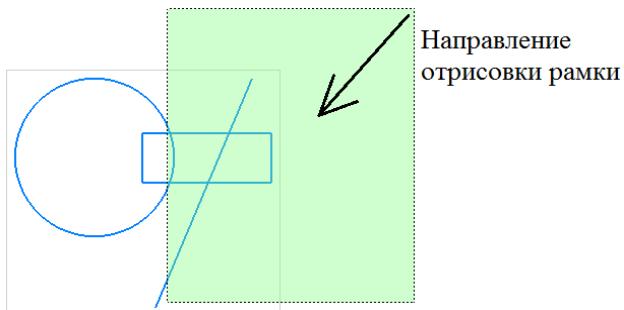
22. Какое действие выполнит программа КОМПАС-3D v. 11 при нажатие кнопки ?

- А – откроется менеджер библиотек
- Б – откроются файлы деталей, входящих в сборку
- В – откроется менеджер импорта стандартных видов
- Г – будет получен прямой доступ к диску для обмена информацией
- Д – окна всех открытых файлов выстроятся каскадом

23. Назовите операции «параллельность», «соосность», «касание», «на расстоянии», «совпадение объектов» одним словом.

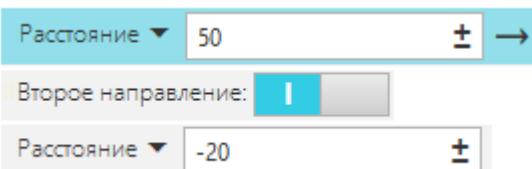
- А – Совпадения
- Б – Сопряжения
- В – Соотношения
- Г – Совокупности
- Д – Серийности

24. Какие объекты будут выделены с помощью показанной рамки, отрисованной указателем мыши справа-налево?



- А – Прямоугольник и отрезок
- Б – Прямоугольник и окружность
- В – Окружность и прямоугольник
- Г – Прямоугольник и отрезок
- Д – Все объекты

25. Как будет размещен по отношению к эскизу элемент, построенный с помощью операции выдавливания, если были заданы следующие параметры построения?

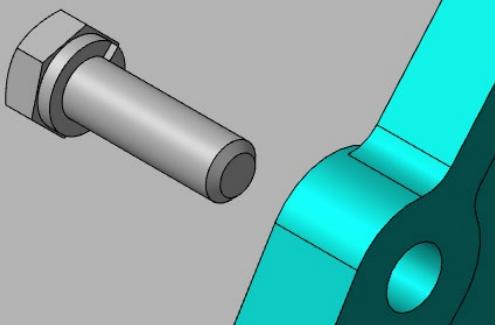


- А – Элемент будет прилегать к эскизу
- Б – Элемент будет отстоять от эскиза на 50 мм
- В – Элемент будет отстоять от эскиза на 20 мм
- Г – Элемент будет отстоять от эскиза на 30 мм
- Д – Все объекты

26. Какую клавишу на клавиатуре надо нажать, чтобы отключить привязки?

- А – Ctrl
- Б – Shift
- В – Del
- Г – Alt
- Д – Пробел

27. Какое сопряжение в сборке явно видно на данном рисунке?



- А – Совпадение
- Б – Отдаление
- В – Соосность
- Г – По углом
- Д – Болтовое

28. Сколько объектов одновременно может связать сопряжение «Совпадение»?

- А – 1
- Б – 2
- В – 3
- Г – 4
- Д – 5

29. Что относится к МЦХ модели?

- А – Масса, площадь, объем
- Б – Масса, электропроводность, плотность
- В – Масса, плотность, плавучесть, моменты инерции
- Г – Координаты центра масс, плотность материала
- Д – Длина, ширина, плотность

30. К какому виду моделирования относится команда Обечайка ?

- А – Создание деталей
- Б – Создание сборочных единиц
- В – Управление конфигураций
- Г – Листовое моделирование
- Д – Поверхностное моделирование

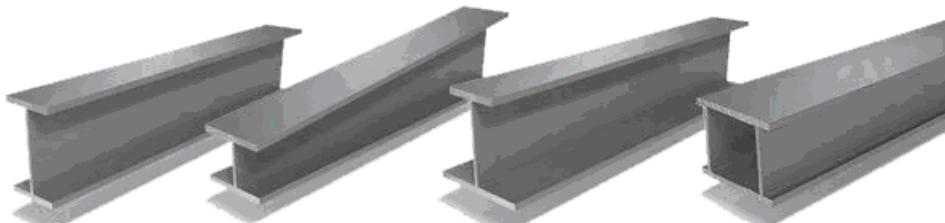
31. Для каких целей предназначен модуль КОМПАС-GEARS?

- А – Проектирование изделий из листового материала
- Б – Проектирование редукторов в сборе
- В – Проектирование валов и механических передач
- Г – Проектирования металлоконструкций
- Д – Проектирования ходовой части автомобиля

32. Файлы с каким расширением возможно использовать при экспорте геометрических моделей из программного комплекса КОМПАС-3D в расчетный комплекс, выполняющий расчеты методом конечных элементов?

- А – *.jpg.
- Б – *.pdf
- В – *.tif
- Г – *.docx
- Д – *.x_b

33. Подойдут ли твердотельные геометрические модели, выполненные в программном комплексе КОМПАС-3D, для дальнейшего расчета конструкций, приведенных на рисунке, методом конечных элементов?



А – Да, потому что на первом этапе расчета выполняется построение таких твердотельных геометрических моделей.

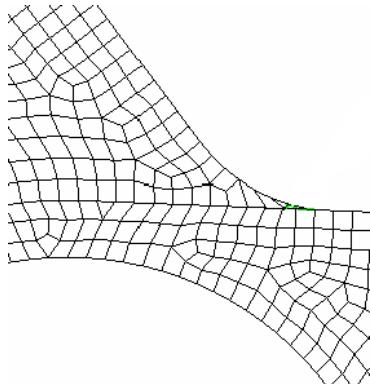
Б – Да, потому что использование встроенных средств программы расчета методом конечных элементов менее практиично

В – Да, но потребуется переход от твердотельной модели к набору срединных плоскостей

Г – Нет, потому что это тонкостенные конструкции

Д – Нет, потому что необходимо использование встроенных средств программы расчета методом конечных элементов, чтобы избежать ошибок при построении геометрии

34. Какая ошибка допущена при разбиении геометрической модели методом конечных элементов?



А – Конечные элементы имеют форму, отличную от треугольной

Б – К узлам сетки конечных элементов не приложены внешние нагрузки

В – В зоне перехода от одной части конструкции к другой построены конечные элементы, вытянутые в одном направлении (иглообразные)

Г – В зоне перехода от одной части конструкции к другой размеры конечных элементов различны (разновелики)

Д – Никаких ошибок не допущено

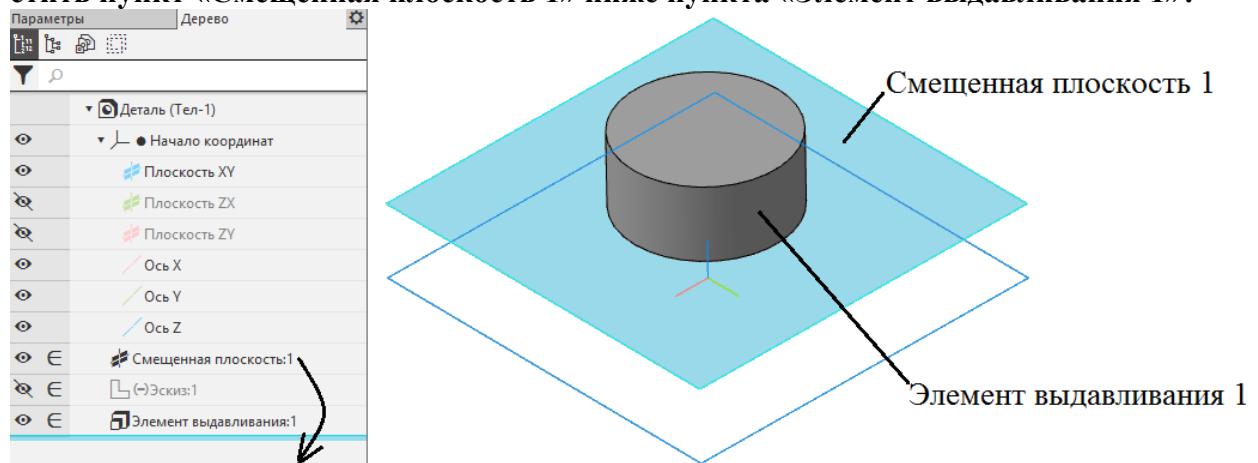
35. В каких случаях можно строить геометрическую модель только части объекта при его расчете методом конечных элементов ?

- А – При отсутствии достаточного количества времени
- Б – При наличии опыта расчета подобных конструкций
- В – Если достаточно определить эквивалентные механические напряжения в конструкции
- Г – При наличии симметричности конструкции
- Д – При наличии кососимметричности конструкции

36. Частным случаем какой операции является операция выдавливания?

- А – операция вращения
- Б – операция по сечениям
- В – кинематическая операция
- Г – операция создания геометрического массива
- Д – никаким частным случаем не является

37. «Эскиз 1» построен в «Смещенной плоскости 1». С использованием эскиза «Эскиз 1» выполнена операция выдавливания, в результате которой получен «Элемент выдавливания 1». Что произойдет с моделью, если в дереве построения переместить пункт «Смещенная плоскость 1» ниже пункта «Элемент выдавливания 1»?



- А – Ничего не произойдет
- Б – Возникнут ошибки в эскизе «Эскиз 1»
- В – Потребуется внести запись в дерево параметризации
- Г – «Элемент выдавливания 1» исчезнет
- Д – Программа не позволит переместить пункт «Смещенная плоскость 1» ниже пункта «Элемент выдавливания 1»

За каждый правильный ответ дается 1 балл.

Уровни владения необходимыми умениями

Уровень	Количество набранных баллов
Начальный	0...15
Базовый	15...40
Продвинутый	41...60
Высокий	61...91

Критерии оценки:

Тест оценивается по пяти бальной шкале следующим образом: за правильный ответ студент получает 1 балл. За неверный ответ или его отсутствие баллы не начисляются.

Оценка «отлично» соответствует свыше 85% правильных ответов.

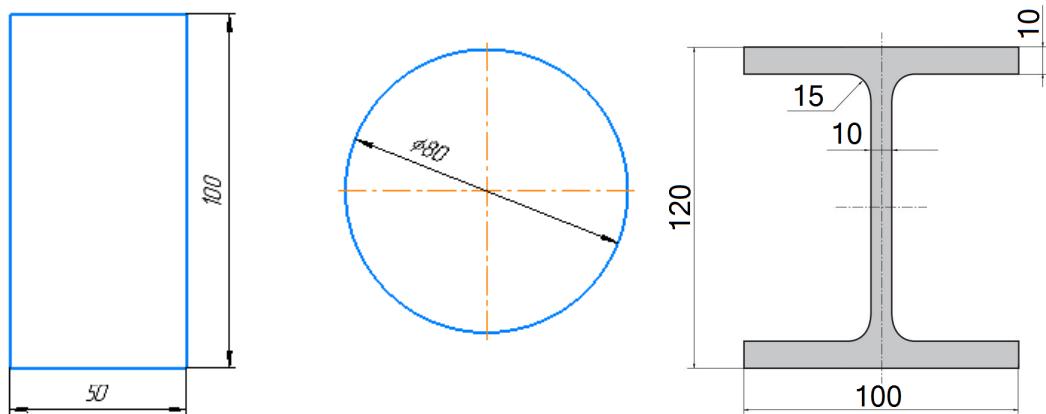
Оценка «хорошо» соответствует свыше 70% до 85% (включительно) правильных ответов.

Оценка «удовлетворительно» соответствует свыше 50% до 70% (включительно) правильных ответов.

Оценка «неудовлетворительно» соответствует не более 50% правильных ответов.

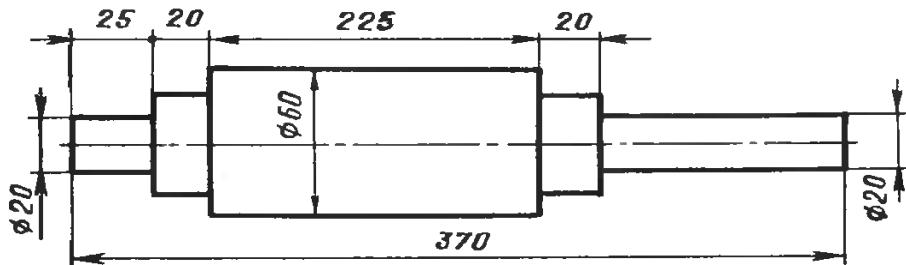
**Задания для демонстрации слушателям курса
«Трёхмерное моделирование деталей и сборочных единиц
в системе КОМПАС-3D» (базовый уровень)**

Операция выдавливания

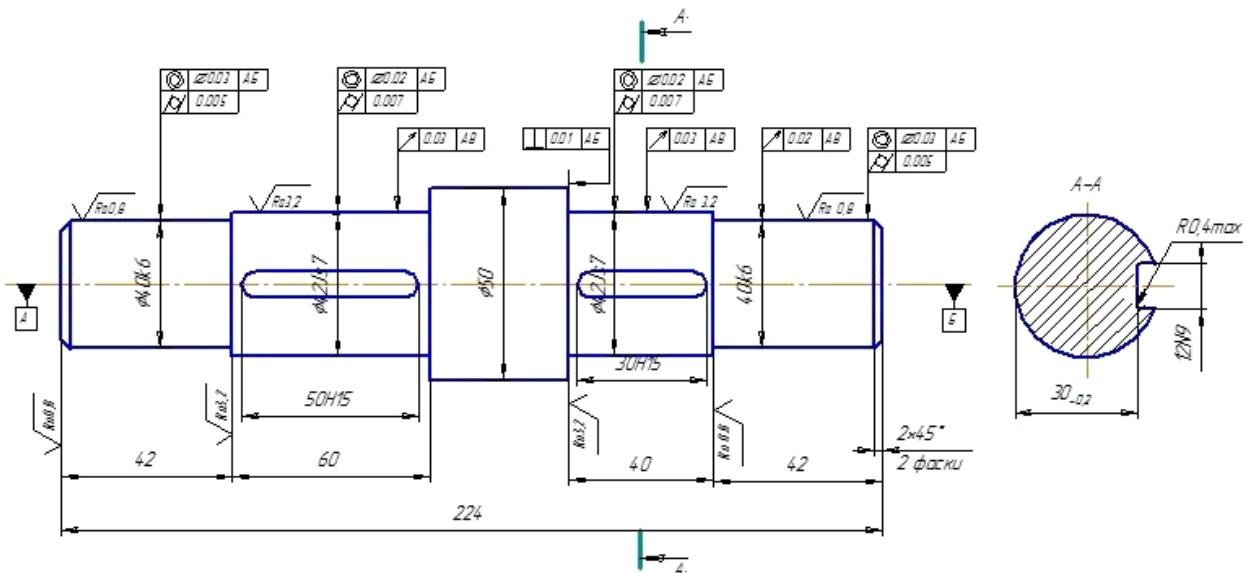


Операция вращения

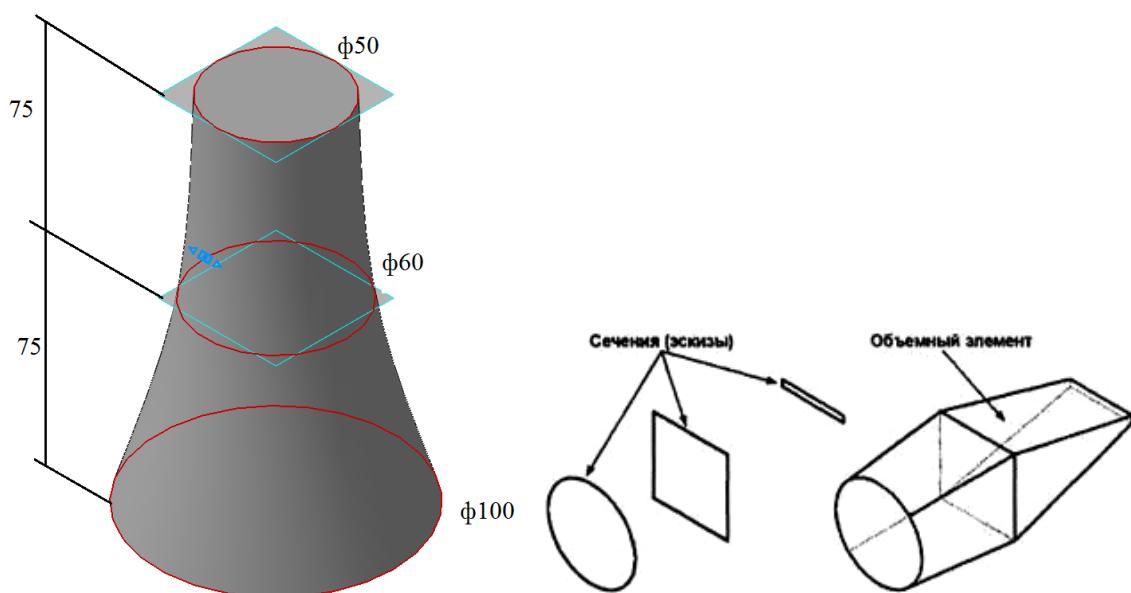
1. Повторить построение круглого сечения φ80 как в операции выдавливания
2. Построить ведущий ступенчатый валик. Можно добавить галтели.



3. Комбинированное вращение и вырезание

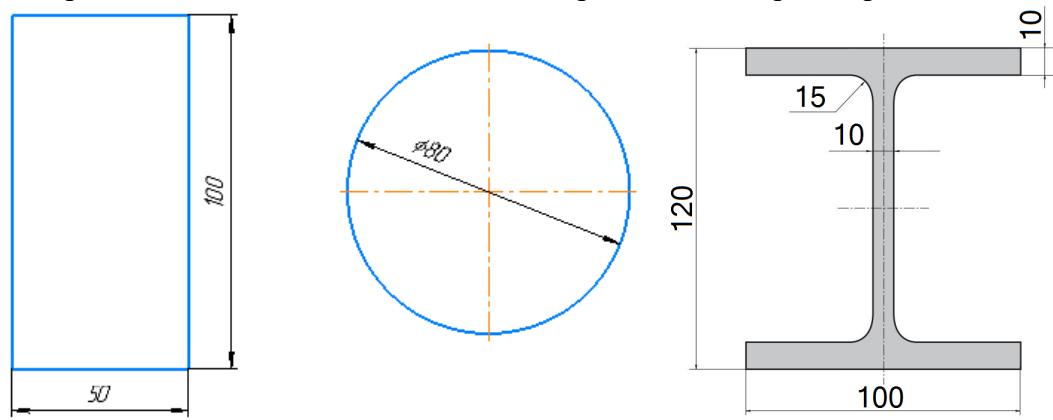


Операция по сечениям



Кинематическая операция

Построить на основе этих сечений но по произвольной траектории



Приложение 6

ТЕСТ

для проведения входного контроля по курсу «Трёхмерное моделирование деталей и сборочных единиц в системе КОМПАС-3D»

1. Как расшифровывается аббревиатура САПР?

- А – Системы автоматического проектирования
- Б – Службы автоматизированного проектирования
- В – Системы автоматизированного проектирования
- Г – Системы автомобильного проектирования
- Д – Службы автономного проектирования

2. К какому виду САПР по целевому назначению относится программный комплекс КОМПАС-3D?

- А – CALS
- Б – CAD
- В – CAE
- Г – CAM
- Д – CNC

3. Какие виды документов можно создать в программном комплексе КОМПАС-3D?

- А – Деталь, сборка, этикетка, дизайн-макет
- Б – Деталь, сборка, фрагмент, спецификация
- В – Чертеж, фрагмент, обложка, талон
- Г – Деталь, детализировка, рисунок, текст
- Д – Пояснительная записка, спецификация, этalon, трехмерная деталь

4. Что позволяет сделать функция «Документ по шаблону»?

- А – Создать копию детали для внесения изменений
- Б – Создать пользовательский документ на основе его предыдущего опыта
- В – Создать бинарный документ по шаблону цифрового
- Г – Создать конструкторский документ с готовой рамкой
- Д – Создать текстовый документ для экспорта в Microsoft Office

5. Укажите основные элементы области построения трехмерной детали?

- А – Слои, прототипы, точки, прямые, оси, система координат
- Б – Начало координат, базовая поверхность шаблона, слои построения
- В – Начало координат, угловой дескриптор, плоскости построения
- Г – Точка отсчета, девиатор осей, плоскости построения
- Д – Начало координат, оси, плоскости построения

6. Какое действие выполнит программа КОМПАС-3D v. 17 при нажатии кнопки ?

- А – Перейдет к предыдущему слою
- Б – Отменит последнее действие
- В – Закроет текущий документ
- Г – Отправит отчет на печать
- Д – Сдвинет активный объект влево

7. Какое действие выполнит программа КОМПАС-3D v. 17 при нажатие кнопки ?

- А – Сохранит текущий файл
- Б – Сохранит текущий файл под новым именем
- В – Сотрет текущий файл с диска
- Г – Сохранит файл в качестве шаблона
- Д – Сохранит изменения в машиностроительной библиотеке

8. Какое действие выполнит программа КОМПАС-3D v. 17 при нажатие кнопки ?

- А – Отсечет часть последней активной кривой
- Б – Отсечет часть выделенной плоскости
- В – Отсечет часть последней активной кривой до пересечения с любой другой фигурой
- Г – Отсечет часть выделенной кривой
- Д – Ничего не произойдет

9. Какое действие выполнит программа КОМПАС-3D v. 17 при нажатие кнопки ?

- А – Можна будет параметрически построить тонкостенное сечение
- Б – Откроется менеджер слоев
- В – Появится возможность ввести произвольный текст
- Г – Активируется режим разделения экрана для сравнения чертежей
- Д – Ничего не произойдет

10. Какое действие выполнит программа КОМПАС-3D v. 17 при нажатие кнопки ?

- А – Откроется окно импорта видов на основе трехмерной модели
- Б – Откроется окно выбора деталей для включения в сборку
- В – Текущий файл будет включен в проект
- Г – Текущий файл будет исключен из проекта
- Д – Ничего не произойдет

11. Каким способом можно построить прямоугольник при редактировании эскиза?

- А – По центру и вершине, по трем вершинам, по центру и двум точкам
- Б – По двум диагональным точкам, по касательной и двум вершинам
- В – По центру и вершине, по трем вершинам, по касательной и двум вершинам
- Г – По центру и вершине, по трем вершинам, чтением из файла
- Д – По двум диагональным точкам, чтением из файла, разбивкой многоугольника

12. Возможно ли создать размер без выносных линий?

- А – Да
- Б – Нет
- В – Только в эскизах при параметризации
- Г – Возможно было в более старых версиях (ниже v17)
- Д – Возможно только для линейных размеров

13. Какие параметры (минимальный набор) достаточно указать при осуществлении операции выдавливания?

- А – Расстояние
- Б – Эскиз, расстояние
- В – Эскиз, расстояние, угол
- Г – Эскиз, расстояние, ребро выдавливания
- Д – Эскиз, расстояние в одном направлении, расстояние в другом направлении

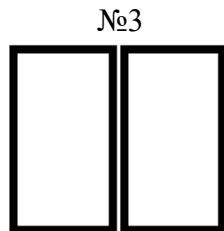
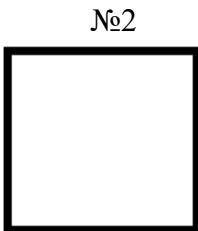
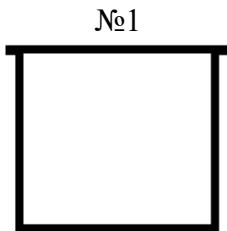
14. Может ли вырезаемый элемент выходить за границу элемента, из которого происходит вырезание?

- А – Да
- Б – Нет
- В – Да, если поставить соответствующую галочку в окне параметров операции
- Г – Да, но только в сборках
- Д – Да, но только для операции выдавливания

15. Возможно ли создать эскиз не в базовой плоскости и не во вспомогательной плоскости, а на поверхности объекта?

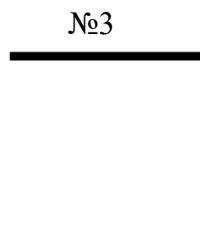
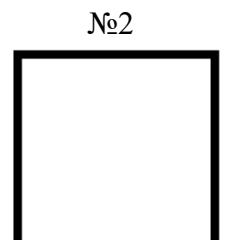
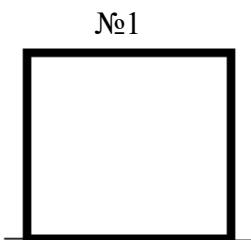
- А – Да, в любом случае
- Б – Нет, это невозможно
- В – Да, если эта поверхность является плоской
- Г – Да, если деталь состоит из одного геометрического элемента
- Д – Да, если эскиз предназначен для создания геометрических массивов

16. С использованием какого эскиза возможно осуществить геометрическую операцию выдавливания?



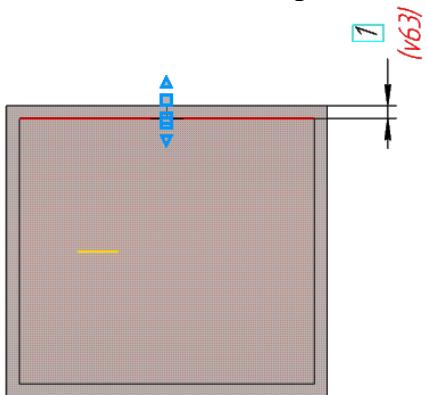
- А – №1
- Б – №2
- В – №3
- Г – №1 и №2
- Д – №2 и №3

17. С использованием какого эскиза возможно осуществить геометрическую операцию вращения?



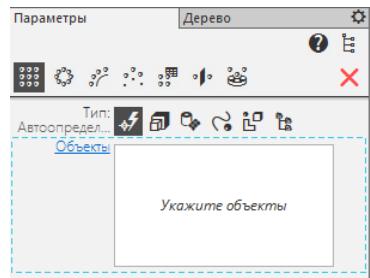
- А – №1
- Б – №2
- В – №3
- Г – №1 и №2
- Д – №1, №2 и №3

18. Какой тип тела вращения строится в этом случае?



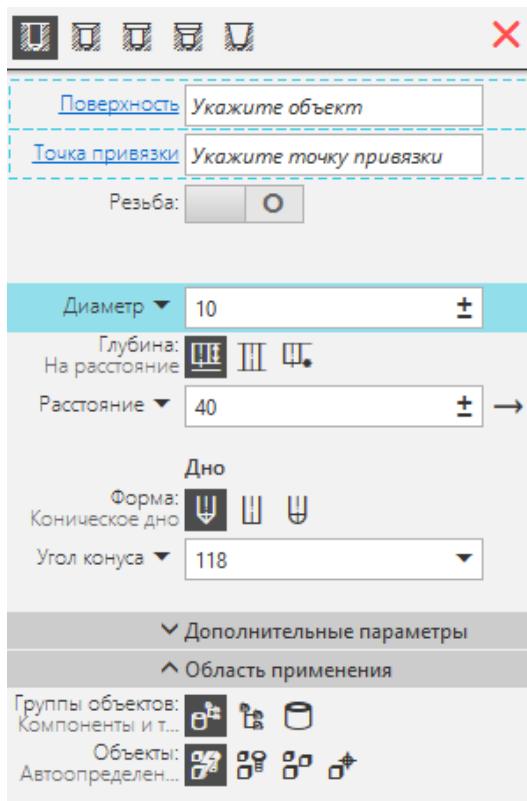
- А – Эллипсоид
- Б – СфEROид
- В – Тороид
- Г – Оболоид
- Д – ГипербОloid

19. Какая операция выполняется с использованием такой панели?



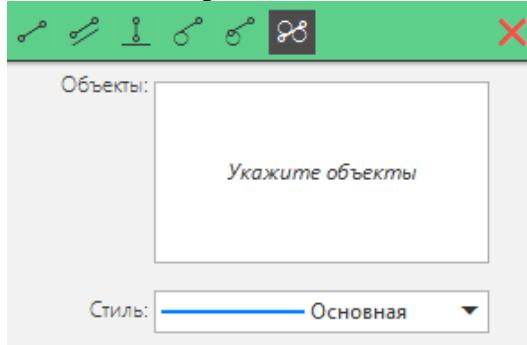
- А – Массив по сетке
- Б – Массив по таблице
- В – Массив по кривой
- Г – Массив по точкам
- Д – Массив зеркальный

20. Какая операция выполняется с использованием такой панели?



- A – Скругление
- Б – Уклон
- В – Фаска
- Г – Отверстие
- Д – Массив

21. Какая операция выполняется с использованием такой панели?



- А – Построение параллельного отрезка
- Б – Построение перпендикулярного отрезка
- В – Построение касательного отрезка
- Г – Построение касательной к двум кривым
- Д – Построение двух смежных окружностей

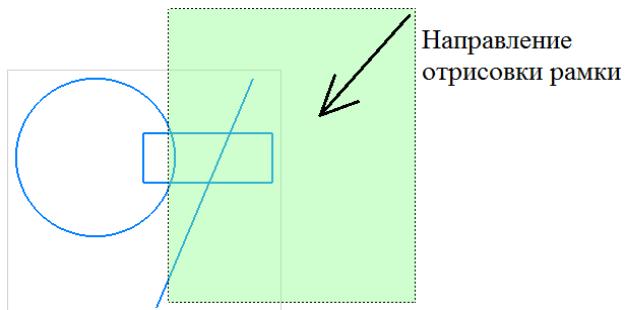
22. Какое действие выполнит программа КОМПАС-3D v. 11 при нажатие кнопки ?

- А – откроется менеджер библиотек
- Б – откроются файлы деталей, входящих в сборку
- В – откроется менеджер импорта стандартных видов
- Г – будет получен прямой доступ к диску для обмена информацией
- Д – окна всех открытых файлов выстроятся каскадом

23. Назовите операции «параллельность», «соосность», «касание», «на расстоянии», «совпадение объектов» одним словом.

- А – Совпадения
- Б – Сопряжения
- В – Соотношения
- Г – Совокупности
- Д – Серийности

24. Какие объекты будут выделены с помощью показанной рамки, отрисованной указателем мыши справа-налево?



- А – Прямоугольник и отрезок
- Б – Прямоугольник и окружность
- В – Окружность и прямоугольник
- Г – Прямоугольник и отрезок
- Д – Все объекты

25. Как будет размещен по отношению к эскизу элемент, построенный с помощью операции выдавливания, если были заданы следующие параметры построения?

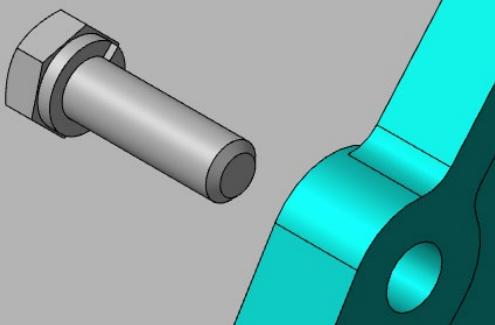


- А – Элемент будет прилегать к эскизу
- Б – Элемент будет отстоять от эскиза на 50 мм
- В – Элемент будет отстоять от эскиза на 20 мм
- Г – Элемент будет отстоять от эскиза на 30 мм
- Д – Все объекты

26. Какую клавишу на клавиатуре надо нажать, чтобы отключить привязки?

- А – Ctrl
- Б – Shift
- В – Del
- Г – Alt
- Д – Пробел

27. Какое сопряжение в сборке явно видно на данном рисунке?



- А – Совпадение
- Б – Отдаление
- В – Соосность
- Г – По углом
- Д – Болтовое

28. Сколько объектов одновременно может связать сопряжение «Совпадение»?

- А – 1
- Б – 2
- В – 3
- Г – 4
- Д – 5

29. Что относится к МЦХ модели?

- А – Масса, площадь, объем
- Б – Масса, электропроводность, плотность
- В – Масса, плотность, плавучесть, моменты инерции
- Г – Координаты центра масс, плотность материала
- Д – Длина, ширина, плотность

30. К какому виду моделирования относится команда Обечайка ?

- А – Создание деталей
- Б – Создание сборочных единиц
- В – Управление конфигураций
- Г – Листовое моделирование
- Д – Поверхностное моделирование

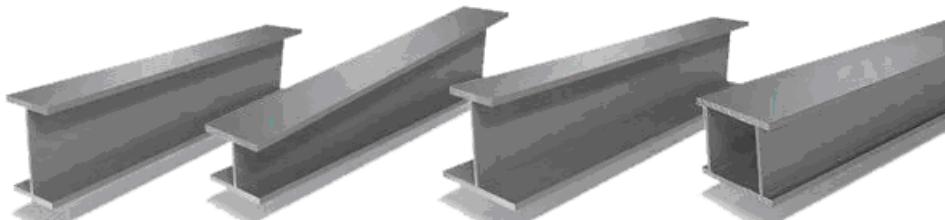
31. Для каких целей предназначен модуль КОМПАС-GEARS?

- А – Проектирование изделий из листового материала
- Б – Проектирование редукторов в сборе
- В – Проектирование валов и механических передач
- Г – Проектирования металлоконструкций
- Д – Проектирования ходовой части автомобиля

32. Файлы с каким расширением возможно использовать при экспорте геометрических моделей из программного комплекса КОМПАС-3D в расчетный комплекс, выполняющий расчеты методом конечных элементов?

- А – *.jpg.
- Б – *.pdf
- В – *.tif
- Г – *.docx
- Д – *.x_b

33. Подойдут ли твердотельные геометрические модели, выполненные в программном комплексе КОМПАС-3D, для дальнейшего расчета конструкций, приведенных на рисунке, методом конечных элементов?



А – Да, потому что на первом этапе расчета выполняется построение таких твердотельных геометрических моделей.

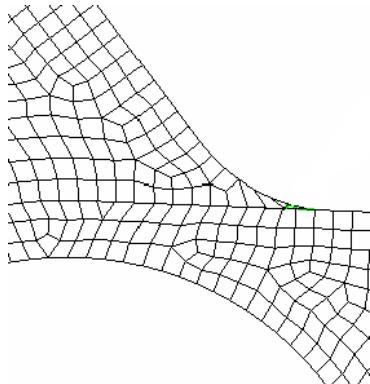
Б – Да, потому что использование встроенных средств программы расчета методом конечных элементов менее практиично

В – Да, но потребуется переход от твердотельной модели к набору срединных плоскостей

Г – Нет, потому что это тонкостенные конструкции

Д – Нет, потому что необходимо использование встроенных средств программы расчета методом конечных элементов, чтобы избежать ошибок при построении геометрии

34. Какая ошибка допущена при разбиении геометрической модели методом конечных элементов?



А – Конечные элементы имеют форму, отличную от треугольной

Б – К узлам сетки конечных элементов не приложены внешние нагрузки

В – В зоне перехода от одной части конструкции к другой построены конечные элементы, вытянутые в одном направлении (иглообразные)

Г – В зоне перехода от одной части конструкции к другой размеры конечных элементов различны (разновелики)

Д – Никаких ошибок не допущено

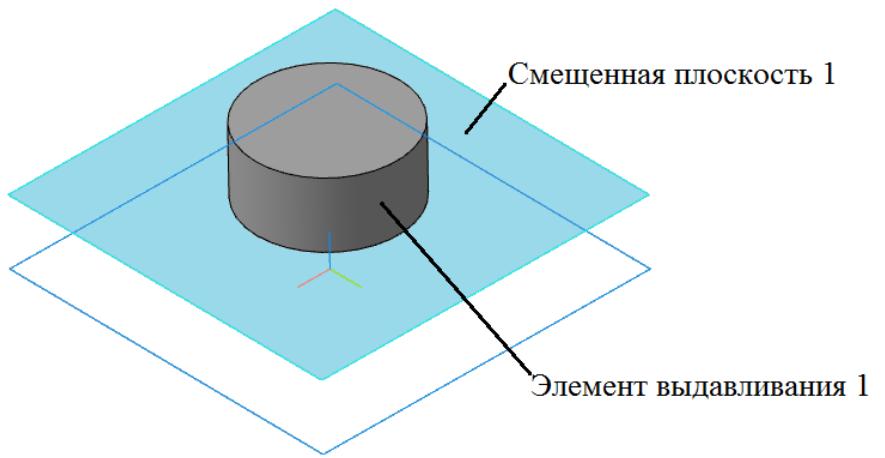
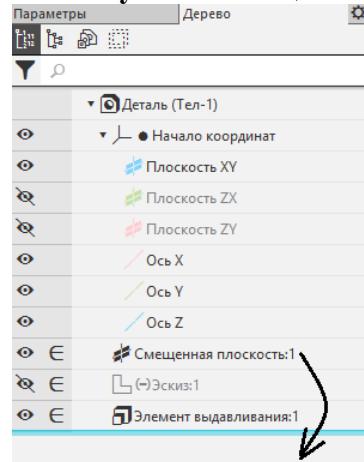
35. В каких случаях можно строить геометрическую модель только части объекта при его расчете методом конечных элементов ?

- А – При отсутствии достаточного количества времени
- Б – При наличии опыта расчета подобных конструкций
- В – Если достаточно определить эквивалентные механические напряжения в конструкции
- Г – При наличии симметричности конструкции
- Д – При наличии кососимметричности конструкции

36. Частным случаем какой операции является операция выдавливания?

- А – операция вращения
- Б – операция по сечениям
- В – кинематическая операция
- Г – операция создания геометрического массива
- Д – никаким частным случаем не является

37. «Эскиз 1» построен в «Смещенной плоскости 1». С использованием эскиза «Эскиз 1» выполнена операция выдавливания, в результате которой получен «Элемент выдавливания 1». Что произойдет с моделью, если в дереве построения переместить пункт «Смещенная плоскость 1» ниже пункта «Элемент выдавливания 1»?



- А – Ничего не произойдет
- Б – Возникнут ошибки в эскизе «Эскиз 1»
- В – Потребуется внести запись в дерево параметризации
- Г – «Элемент выдавливания 1» исчезнет
- Д – Программа не позволит переместить пункт «Смещенная плоскость 1» ниже пункта «Элемент выдавливания 1»

Бланк ответа

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40

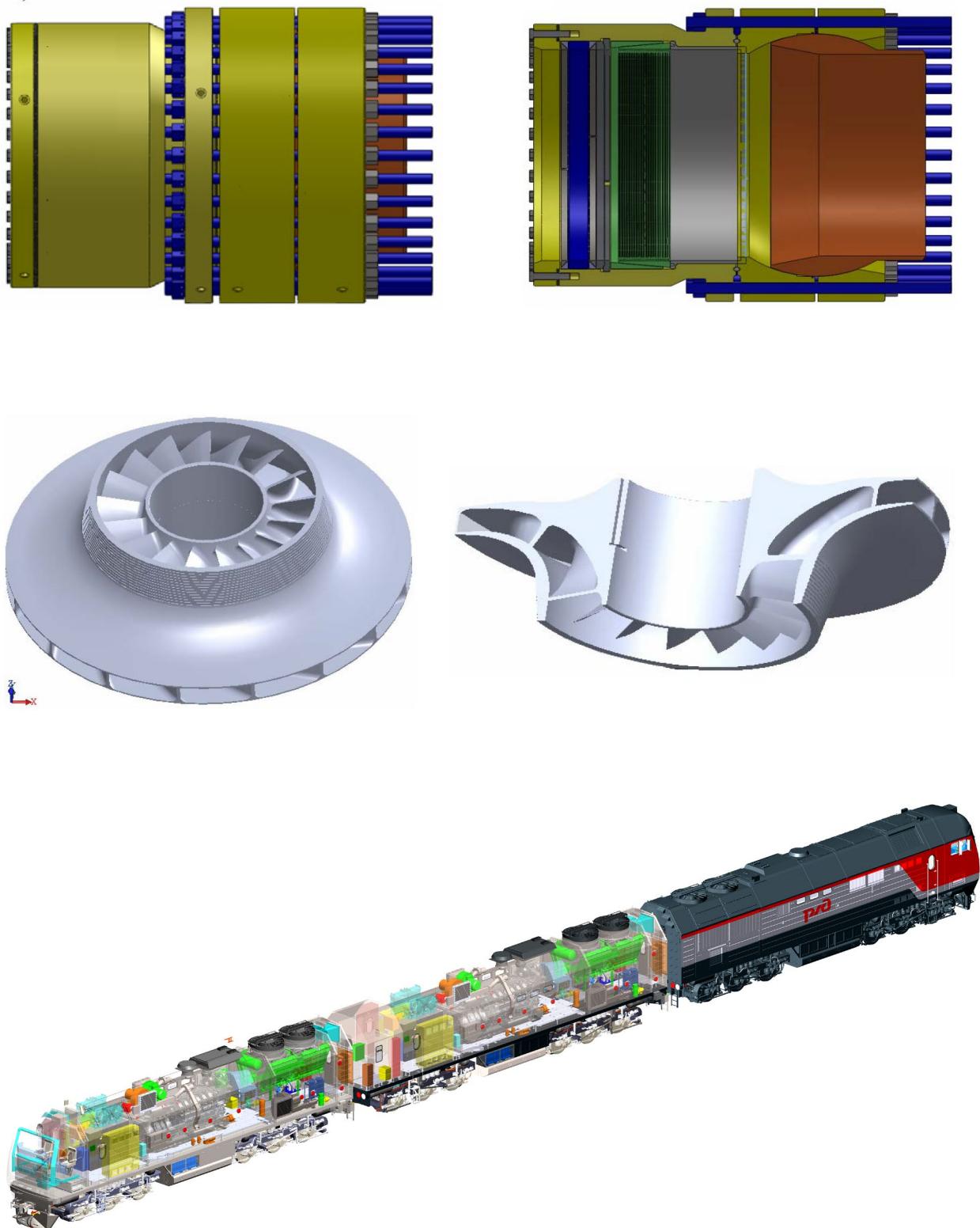
Сводная таблица для экспресс-проверки тестов

x1												x2							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
В	Б	Б	Г	Д	Б	Б	Д	В	А	А	А	Б	А	В	Д	Д	Б	А	Г

x2	x3												x5						
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Г	А	Б	Д	В	Г	В	Б	А	Г	В	Д	В	В	Г	В	Д	-	-	-

Приложение 7

Примеры трехмерного моделирования



Готовые трехмерные модели и сборочные единицы входят в комплект учебных материалов.

РАЗРАБОТЧИК

Лагерев Игорь Александрович, доктор технических наук, доцент, проректор по инновационной работе ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»

01.09.2021 г.

И.А. Лагерев

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского»**

**УТВЕРЖДАЮ
Второй проректор по учебной работе**

_____ А.И. Калоша

01 сентября 2021 г.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ
обучающего курса
«Трёхмерное моделирование деталей и сборочных единиц
в системе КОМПАС-3D для последующей 3D-печати»**

Брянск 2021

ЛЕКЦИЯ 1

- **ВВЕДЕНИЕ В КУРС**

О предмете

Итак, мы с вами приступаем к изучению дисциплины «Основы автоматизированного проектирования» или, как говорят у нас на кафедре «Системы автоматизированного проектирования», сокращенно – САПР.

Структура курса

Данный курс включает **17 лекций и 8 практических занятий**. Форма итоговой аттестации – экзамен. Для сдачи экзамена необходимо получить допуск по практике. Активные студенты будут иметь возможность получить экзамен автоматом.

Темы практических занятий

1. Твердотельное моделирование. Демонстрация программ.
2. Твердотельное моделирование. Построение твердотельной модели.
3. Твердотельное моделирование. Демонстрация результатов студентами.
4. МКЭ-пакеты. Построение и импорт моделей.
5. МКЭ-пакеты. Расчет простейших систем (растяжение, изгиб стержня).
6. МКЭ-пакеты. Самостоятельные расчеты.
7. МКЭ-пакеты. Демонстрация результатов студентами.
8. Получение допуска к экзамену.

Рекомендуемая литература

1. Норенков, И.П. Автоматизированное проектирование / И.П. Норенков. – М.: 2000. – 188 с.
2. Норенков, И.П. Информационная поддержка научноемких изделий. CALS-технологии / И.П. Норенков, П.К. Кузьмик. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 320 с.

Рекомендуемое программное обеспечение

- Система твердотельного моделирования: «Компас» или «SolidWorks».
- МКЭ-комплекс «NASTRAN», «PATRAN», «ANSYS».

Установление контакта

У меня к вам будет несколько вопросов.

1. Поднимайте, пожалуйста, руки те, кто уже занимался твердотельным моделированием. Я имею в виду не простое создание чертежей, а создание трехмерных моделей.
2. Кто из Вас пользовался МКЭ-пакетами для конечноэлементных расчетов?
3. Почему САПР – это «автоматизированное» проектирование? Почему не существует «автоматического» проектирования?

Введение в курс

Появление первых программ для автоматизации проектирования относится к началу 60-х гг. Темпы развития техники и технологий требовали внедрения новейших средств проектирования. На помощь, как всегда, пришла наука. Тогда были созданы программы для решения задач строительной механики, анализа электронных схем, проектирования печатных плат. Дальнейшее развитие САПР шло по пути создания аппаратных и программных средств машинной графики, повышения вычислительной эффективности программ моделирования и анализа, расширения областей применения, упрощения интерфейса, внедрения элементов искусственного интеллекта.

К настоящему времени создано большое число программно-методических комплексов для САПР с различными степеню специализации и прикладной ориентацией. В результате автоматизация проектирования стала необходимой составной частью подготовки инженеров разных специальностей; инженер, не владеющий знаниями и не умеющий работать в САПР, не может считаться полноценным специалистом.

Компоненты САПР

Теоретические и практические основы САПР тесно связаны с другими научными дисциплинами. Выделяют следующие виды обеспечения:

- Математическое обеспечение САПР — математические модели, методики и способы их получения;
- Лингвистическое обеспечение САПР — языки программирования;
- Техническое обеспечение САПР — устройства ввода, обработки и вывода данных, средства поддержки архива проектных решений, устройства передачи данных;
- Информационное обеспечение САПР — информационная база САПР, автоматизированные банки данных, системы управления базами данных (СУБД);
- Программное обеспечение САПР;
- Программные компоненты САПР (примером может служить Геометрический решатель САПР);
- Методическое обеспечение;
- Организационное обеспечение.

Критерии выбора САПР

Правильный выбор САПР – надежное условие эффективного проектирования.

Критерии выбора:

- Распространенность САПР;
- Цена САПР, её сопровождения и модификации;
- Широта охвата задач проектирования;
- Удобство работы САПР и её «дружественность»;
- Наличие широкой библиотечной поддержки стандартных решений;
- Возможность и простотастыковки с другими САПР;
- Возможность коллективной работы.

Соотношение цена-качество!

Инженерное проектирование

Проектирование технического объекта – создание, преобразование и представление в принятой форме образа этого еще не существующего объекта.

Образ объекта или его составных частей может создаваться в воображении человека в результате творческого процесса или генерироваться в соответствии с некоторыми алгоритмами в процессе взаимодействия человека и ЭВМ. В любом случае инженерное проектирование начинается при наличии выраженной потребности общества в некоторых технических объектах, которыми могут быть объекты строительства, промышленные изделия или процессы. Проектирование включает в себя разработку технического предложения и (или) технического задания (ТЗ), отражающих эти потребности, и реализацию ТЗ в виде проектной документации.

Системный подход к проектированию

Основные идеи и принципы проектирования сложных систем выражены в системном подходе. Для специалиста в области системотехники они являются очевидными и естественными, однако их соблюдение и реализация зачастую сопряжены с определенными трудностями, обусловливаляемыми особенностями проектирования. Как и большинство взрослых образованных людей, правильно использующих родной язык без привлечения правил грамматики, инженеры используют системный подход без обращения к пособиям по системному анализу. Однако интуитивный подход без применения правил системного анализа может оказаться недостаточным для решения все более усложняющихся задач инженерной деятельности.

Основной общий принцип системного подхода заключается в рассмотрении частей явления или сложной системы с учетом их взаимодействия.

Система – множество элементов, находящихся в отношениях и связях между собой.

Элемент системы – такая часть системы, представление о которой нецелесообразно подвергать при проектировании дальнейшему членению.

Подсистема – часть системы (подмножество элементов и их взаимосвязей), которая имеет свойства системы.

Структура – отображение совокупности элементов системы и их взаимосвязей; понятие структуры отличается от понятия самой системы также тем, что при описании структуры принимают во внимание лишь типы элементов и связей без конкретизации значений их параметров.

Параметр – величина, выражающая свойство или системы, или ее части, или влияющей на систему среды. Обычно в моделях систем в качестве параметров рассматривают величины, не изменяющиеся в процессе исследования системы. Параметры подразделяют на **внешние, внутренние и выходные**.

Фазовая переменная – величина, характеризующая энергетическое или информационное наполнение элемента или подсистемы.

Состояние – совокупность значений фазовых переменных, зафиксированных в одной временной точке процесса функционирования.

Поведение (динамика) системы – изменение состояния системы в процессе функционирования.

Каждая система обладает следующими признаками.

Целенаправленность – свойство искусственной системы, выражающее назначение системы. Это свойство необходимо для оценки эффективности вариантов системы.

Целостность – свойство системы, характеризующее взаимосвязанность элементов и наличие зависимости выходных параметров от параметров элементов, при этом большинство выходных параметров не является простым повторением или суммой параметров элементов.

Иерархичность – свойство сложной системы, выражающее возможность и целесообразность ее иерархического описания, т.е. представления в виде нескольких уровней, между компонентами которых имеются отношения целое-часть.

Системный подход рассматривают как направление научного познания и социальной политики. Он является базой для обобщающей дисциплины «Теория систем». При проектировании систем цели достигаются в многошаговых процессах принятия решений. Методы принятия решений часто выделяют в самостоятельную дисциплину, называемую «Теория принятия решений».

Системный подход предполагает:

- Выявление структуры системы;
- Типизация связей между частями системы;
- Определение атрибутов системы;
- Анализ влияния внешней среды.

Модели объекта в САПР

Моделирование бывает **физическое** (эксперимент) и **математическое**. Все остальные виды моделирования – производные от этих двух.

В автоматизированных проектных процедурах вместо еще не существующего проектируемого объекта оперируют некоторым квазиобъектом – **моделью**, которая отражает некоторые интересующие исследователя свойства объекта. Модель может быть **физическими объектом** (макет, стенд) или **спецификацией**.

Среди моделей-спецификаций различают функциональные, поведенческие, информационные, структурные модели (описания).

Эти модели называют **математическими** если они формализованы средствами аппарата и языка математики. В свою очередь, математические модели могут быть **геометрическими, топологическими, динамическими, логическими** и т.п., если они отражают соответствующие свойства объектов. Наряду с математическими моделями при проектировании используют рассматриваемые ниже **функциональные IDEF0-модели, информационные модели в виде диаграмм сущность-отношение, геометрические модели-чертежи**. В дальнейшем, если нет специальной оговорки, под словом “модель” будем подразумевать математическую модель.

Математическая функциональная модель в общем случае представляет собой алгоритм вычисления вектора выходных параметров **Y** при заданных векторах параметров элементов **X** и внешних параметров **Q**.

ЛЕКЦИЯ 2

- ПОДДЕРЖКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ
- CALS-ТЕХНОЛОГИИ
- СОВРЕМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО
- ПРОТОТИПИРОВАНИЕ
- САМ

CALS-технология – это технология комплексной компьютеризации сфер промышленного производства.

CALS-технологии призваны служить средством, интегрирующим промышленные автоматизированные системы в единую многофункциональную систему. Целью интеграции автоматизированных систем проектирования и управления является повышение эффективности создания и использования сложной техники. В чем выражается повышение эффективности.

История появления CALS-технологий

CALS-технологии зародились в 1980-е годы в недрах военно-промышленного комплекса США в связи с планами США в области СОИ (стратегической оборонной инициативы, «Звездные войны»). Поэтому не удивительно, что среди имеющихся CALS-стандартов фигурирует большое число стандартов и рекомендаций DoD (Министерства обороны США). Для реализации планов СОИ требовалась совместные усилия многих промышленных компаний и предприятий в проектировании, производстве и логистической поддержке сложных изделий, а это означало необходимость унификации представления данных об изделиях. Было осознано, что для взаимодействия автоматизированных систем разных предприятий нужна унификация не только формы, но и содержания (семантики) проектной, технологической, эксплуатационной и другой информации о совместно производимой продукции. Другими словами, требовалось создание единой информационной среды взаимодействия всех крупнейших фирм американского военно-промышленного комплекса.

Оказалось, что это чрезвычайно сложная проблема, решение которой требует длительной и многосторонней проработки в масштабах, выходящих за пределы одной страны. Выяснилось также, что создание единой информационной среды требуется не только для уникальных программ типа СОИ, но и для производства любых сложных систем, в первую очередь военной техники, если их производство основано на взаимодействии многих предприятий.



Преимущества CALS-технологий

Во-первых, улучшается качество изделий за счет более полного учета имеющейся информации при проектировании и принятии управленческих решений. Так, обоснованность решений, принимаемых в автоматизированной системе управления предприятием (АСУП), будет выше, если лицо, принимающее решение, и соответствующие программы АСУП имеют оперативный доступ не только к базе данных АСУП, но и к базам данных других автоматизированных систем – системы автоматизированного проектирования (САПР), автоматизированной системы технологической подготовки производства (АСТПП) и автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУТП) и, следовательно, могут оптимизировать планы работ, содержание заявок, распределение исполнителей, выделение финансов и т.п. При этом под оперативным доступом необходимо понимать не просто возможность считывания данных из баз данных, но и легкость их правильной интерпретации, т.е. соптасованность по синтаксису и семантике с протоюолами, принятыми в АСУП. То же относится и к другим системам, например, технологические подсистемы должны с необходимостью воспринимать и правильно интерпретировать данные, поступающие от подсистем автоматизированного конструирования. Последнего не так легко добиться, если основное предприятие и организации-смежники работают с разными автоматизированными системами.

Во-вторых, сокращаются материальные и временные затраты на проектирование и изготовление изделий. Применение CALS-технологий позволяет существенно сократить объемы проектных работ, так как описания ранее выполненных удачных разработок компонентов и устройств, многих составных частей оборудования, машин и систем, проектировавшихся ранее, хранятся в базах данных сетевых серверов, доступных любому пользователю CALS-технологиями. Доступность опять же обеспечивается согласованностью форматов, способов, руководств в разных частях общей интегрированной системы. Кроме того, появляются более широкие возможности для специализации предприятий, вплоть до создания виртуальных предприятий, что также способствует снижению затрат.

В-третьих, значительно снижаются затраты на эксплуатацию благодаря реализации функций интегрированной логистической поддержки. Существенно облегчается решение проблем ремонтопригодности, интеграции продукции в различного рода системы и среды, адаптации к меняющимся условиям эксплуатации и т.п.

Эти преимущества интеграции данных достигаются применением современных CALS-технологий.

Этапы жизненного цикла промышленных изделий

Основные этапы жизненного цикла промышленных изделий представлены на рис. 2.1. Там же указаны основные типы автоматизированных систем, используемых в жизненном цикле изделий.

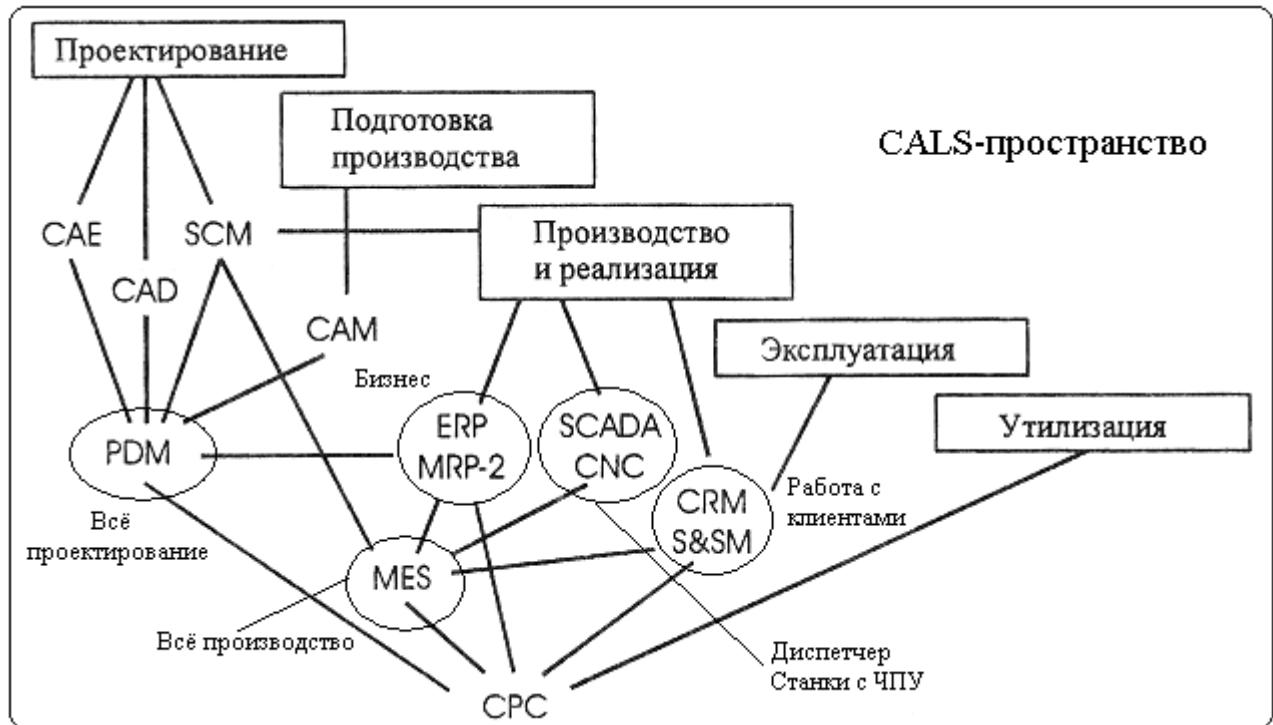


Рис. 2.1. Этапы жизненного цикла промышленных изделий
и системы их автоматизации

Системы, указанные на рис. 2.1, поддерживают следующие этапы и процедуры в жизненном цикле изделий:

- **CAE** – Computer Aided Engineering (автоматизированные расчеты и анализ);
- **CAD** – Computer Aided Design (автоматизированное проектирование);
- **CAM** – Computer Aided Manufacturing (автоматизированная технологическая подготовка производства);
- **PDM** – Product Data Management (управление проектными данными);
- **ERP** – Enterprise Resource Planning (планирование и управление предприятием);
- **MRP-2** – Manufacturing (Material) Requirement Planning (планирование производства);
- **MES** – Manufacturing Execution System (производственная исполнительная система);
- **SCM** – Supply Chain Management (управление цепочками поставок);
- **CRM** – Customer Relationship Management (управление взаимоотношениями с заказчиками);
- **SCADA** – Supervisory Control And Data Acquisition (диспетчерское управление производственными процессами);
- **CNC** – Computer Numerical Control (компьютерное числовое управление);
- **S&SM** – Sales and Service Management (управление продажами и обслуживанием);
- **CPC** – Collaborative Product Commerce (совместный электронный бизнес).

Системы CAE, CAD, CAM можно назвать классическими, т.к. появились раньше остальных.

Современные САПР (или системы CAE/CAD), обеспечивающие сквозное проектирование сложных изделий или, по крайней мере, выполняющие большинство проектных процедур, имеют многомодульную структуру. Модули различаются своей ориентацией на те или иные проектные задачи применительно к тем или иным типам устройств и конструкций.

Для решения проблем совместного функционирования компонентов САПР различного назначения разрабатываются системы управления проектными данными – системы PDM. Они либо входят в состав модулей конкретной САПР, либо имеют самостоятельное значение и могут работать совместно с разными САПР.

Уже на этапе проектирования требуются услуги системы SCM, иногда называемой системой управления поставками комплектующих (Component Supplier Management), которая на этапе производства обеспечивает поставки необходимых материалов и комплектующих.

АСТПП, составляющие основу системы CAM, выполняют синтез технологических процессов и программ для оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ), выбор технологического оборудования, инструмента, оснастки, расчет норм времени и т.п. Модули системы CAM обычно входят в состав развитых САПР, и потому интегрированные САПР часто называют системами CAE/CAD/CAM/PDM. Функции управления на промышленных предприятиях выполняются автоматизированными системами на нескольких иерархических уровнях.

Системы АСУП управляют производством на верхнем уровне – ERP или MRP2. Наиболее развитые системы ERP выполняют различные бизнес-функции, связанные с планированием производства, закупками, сбытом продукции, анализом перспектив маркетинга, управлением финансами, персоналом, складским хозяйством, учетом основных фондов и т.п. Системы MRP-2 ориентированы главным образом на бизнес-функции, непосредственно связанные с производством.

АСУТП контролируют и используют данные, характеризующие состояние технологического оборудования и протекание технологических процессов. Именно их чаще всего называют системами промышленной автоматизации.

Для выполнения диспетчерских функций (сбора и обработки данных о состоянии оборудования и технологических процессов) и разработки программного обеспечения для встроенного оборудования в состав АСУТП вводят систему SCADA. Для непосредственного программного управления технологическим оборудованием используют системы CNC на базе контроллеров (специализированных компьютеров, называемых промышленными), встроенных в технологическое оборудование.

На этапе реализации продукции выполняются функции управления отношениями с заказчиками и покупателями, проводится анализ рыночной ситуации, определяются перспективы спроса на планируемые к выпуску изделия. Эти задачи решаются с помощью системы CRM. Маркетинговые функции иногда возлагаются на систему S&SM, которая, кроме того, служит для решения проблем обслуживания.

Следует отметить, что функции некоторых автоматизированных систем часто перекрываются. В частности, это относится к системам ERP и MRP-2. Управление маркетингом может быть поручено как системе ERP, так и системе CRM или S&SM.

Понятие о CALS-технологии

CALS-технология – это технология комплексной компьютеризации сфер промышленного производства.

Цель CALS-технологии – унификация и стандартизация спецификаций промышленной продукции на всех этапах ее жизненного цикла.

Основные спецификации представлены проектной, технологической, производственной, маркетинговой, эксплуатационной документацией. В CALS-системах предусмотрены хранение, обработка и передача информации в компьютерных средах, оперативный доступ к данным в нужное время и в нужном месте. Соответствующие системы автоматизации назвали автоматизированными логистическими системами или CALS (*Computer Aided Logistic Systems*). Поскольку под логистикой обычно понимают дисциплину, посвященную вопросам снабжения и управления запасами, а функции CALS намного шире и связаны со всеми этапами жизненного цикла промышленных изделий, применяют и более соответствующую предмету расшифровку аббревиатуры CALS – *Continuous Acquisition and LifeCycle Support*.

Применение CALS позволяет существенно сократить объемы проектных работ, так как описания многих составных частей оборудования, машин и систем, проектировавшихся ранее, хранятся в базах данных сетевых серверов, доступных любому пользователю технологии CALS. Существенно облегчается решение проблем ремонтопригодности, интеграции продукции в различного рода системы и среды, адаптации к меняющимся условиям эксплуатации, специализации проектных организаций и т.п. Ожидается, что успех на рынке сложной технической продукции будет немыслим вне технологии CALS.

Развитие CALS-технологии должно привести к появлению так называемых **виртуальных производств**, при которых процесс создания спецификаций с информацией для программно управляемого технологического оборудования, достаточной для изготовления изделия, может быть распределен во времени и пространстве между многими организационно автономными проектными студиями. Среди несомненных достижений CALS-технологии следует отметить легкость распространения передовых проектных решений, возможность многократного воспроизведения частей проекта в новых разработках и др.

Стандарт Step

Стандарты ISO серии 10303. Российский стандарт ГОСТ Р ИСО 10303.

При разработке стандартов STEP были поставлены цели обеспечения единообразного описания и интерпретации данных в автоматизированных системах на различных этапах жизненного цикла изделий. К разработке стандартов STEP под эгидой ISO были привлечены специалисты ряда ведущих компаний в разных отраслях промышленности.

Основу STEP составляет язык Express. Это язык унифицированного представления данных и обмена данными в компьютерных средах. Язык инвариантен к приложениям. Хотя он разрабатывался с ориентацией прежде всего на описание жизненных циклов промышленных изделий.

В STEP используются следующие важные понятия:

- ААМ – Application Activity Model; это функциональная модель IDEF0 для определенного приложения;
- ARM – Application Requirements Model; это модель, представляющая данные с точки зрения пользователя. В частности, в этой модели данные могут быть выражены как средствами, типичными для приложения, так и с использованием синтаксиса языка Express;
- AIM – Application Interpreted Model; это ARM модель, переведенная в STEP представление с использованием ряда унифицированных в STEP понятий, закрепленных в интегрированных ресурсах;
- AP – Application Protocol; это STEP-стандарт, отражающий специфику конкретного приложения;
- SDAI – Standard Data Access Interface; это программный интерфейс к источникам данных (репозиториям) прикладных систем (в том числе к библиотекам моделей систем CAD/CAM) с переводом моделей в STEP-файлы, используется в STEP-средах для организации обменов между приложениями через общую базу данных STEP.

Прикладные протоколы создаются для однозначного понимания спецификаций приложений разными пользователями информационных моделей.

Прикладным протоколом в STEP называют информационную модель определенного приложения, которая описывает с высокой степенью полноты множество сущностей, имеющихся в приложении, вместе с их атрибутами и выражена средствами языка Express.

Предполагается, что эта модель содержит в себе описание данных любой конкретной задачи соответствующего приложения, т.е. практические информационные модели прикладных задач оказываются частными случаями прикладных протоколов. Другими словами, прикладной протокол выражает онтологию приложения, поскольку под онтологией понимают совокупность концепций, объектов, отношений и ограничений, выражющих семантику определенной предметной области.

Современное производство и технологии его подготовки (САМ)

Для инженера специальности ДПМ основной интерес представляют системы CAD/CAE. Их мы и будем подробно рассматривать далее. Но для начала следует знать, как выглядит современное производство. Следует отметить, что комплексная автоматизация (внедрение систем CALS) будет бесполезна на производстве старого типа. Вы уже имели возможность взглянуть на производства старого типа, а теперь рассмотрим как выглядит современное высокотехнологичное производство.

Станки с ЧПУ и обрабатывающие комплексы

Станки с ЧПУ (числовое программное управление) – производственное оборудование, выполняющее различные технологические операции по заданной программе.

Помимо металлорежущих (например, фрезерные или токарные), существует оборудование для резки листовых заготовок, для обработки давлением.

Использование систем ЧПУ

- повышает производительность труда,
- резко увеличивает выход годных,
- снижает риск рабочих на производстве.

Доля оборудования с ЧПУ в станочном парке растет с каждым годом. Совсем скоро невозможно будет представить завод на котором рабочие будут стоять у станка, вместо этого снижается количество рабочих, и в их обязанности входит наблюдение за процессом производства.

Использование станков с ЧПУ и автоматизированных линий в корне меняет привычный нам (по брянским заводам) образ производства.

Раньше токарю приходилось все операции по производству производить вручную. Теперь он только вставляет заготовку и нажимает кнопку запуска, а после изготовления вынимает готовую деталь. На автоматизированных линиях даже эти действия может выполнить автоматика, тогда рабочий возле каждого станка не требуется. Требуется только диспетчер, следящий за всем производством (или его участком) и ремонтная бригада быстрого реагирования (для устранения сбоев в системе).

Становится несостоительным традиционное распределение труда между различными станками. Если раньше сначала заготовку обрабатывали на токарном станке, потом переносили ее на сверлильный станок для сверления отверстий и т.д. То теперь эти действия могут выполняться одним станком – станок просто меняет резец на сверло. Это экономит время.

Зачастую использование станков с ЧПУ меняет и сами понятия технологии производства. Например, некоторые фрезы имеют две базовые поверхности (что раньше вообще не допускалось). Однако введение такого двойного базирования повышает точность обработки.

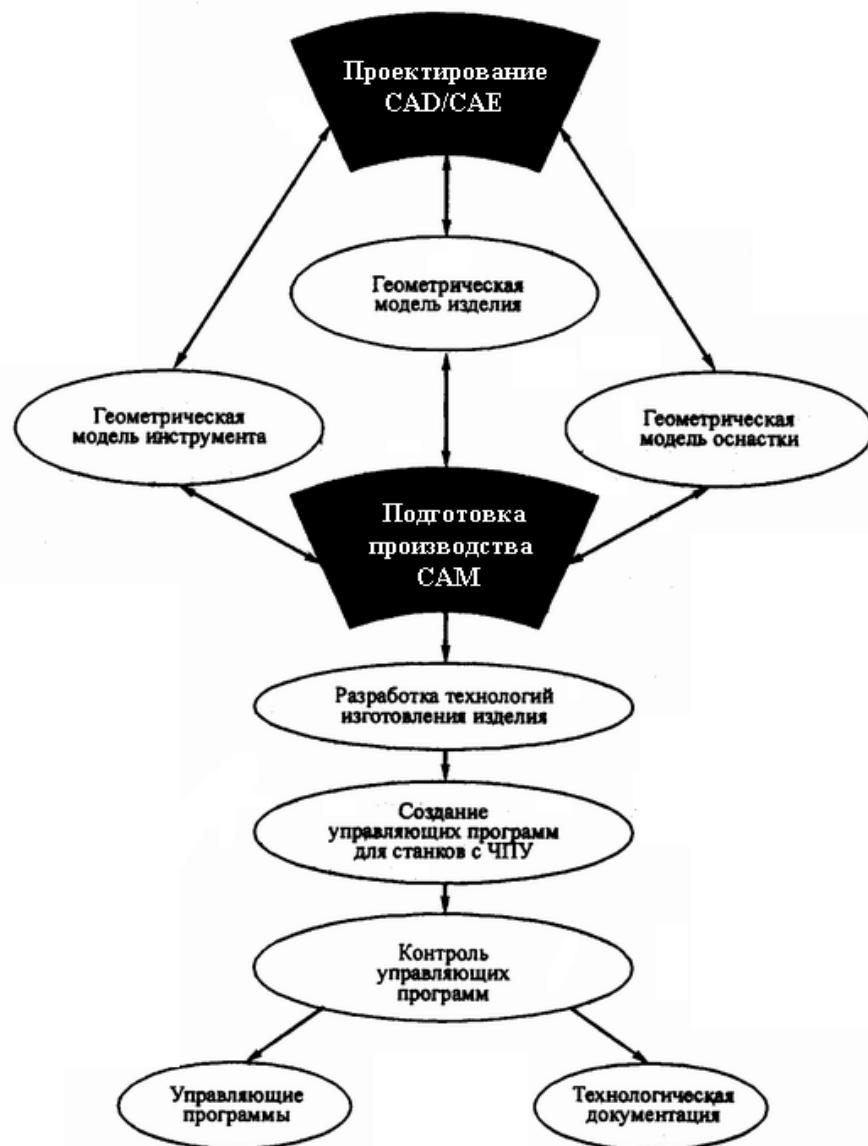
Подготовка производства

Уже было сказано, что на современном производстве обязанности специалиста, работающего за станком изменились. Он только контролирует процесс обработки, а не руководит им. Но откуда же станок знает что и как он должен делать?! Его действия заложены в программе. А откуда взялась эта программа?! Ее составили инженеры по подготовке производства.

Если раньше токарь, условно выражаясь, непосредственно возле станка тысячи раз составлял и исполнял программу (которая находилась в его мыслях). То теперь программу пишут на понятном станкам языке только один раз и хранят ее на электронных носителях.

Суть подготовки производства заключается в том, что в специальных программных пакетах инженеры имитируют обработку. Для этого в программу загружаются трехмерные модели станка, инструмента, оснастки, и конечно, обрабатываемого объекта. Далее в компьютерном симуляторе инженер производит обработку детали. На основе этой имитации строится программа для станка с ЧПУ.

Схема подготовки производства приведена ниже.



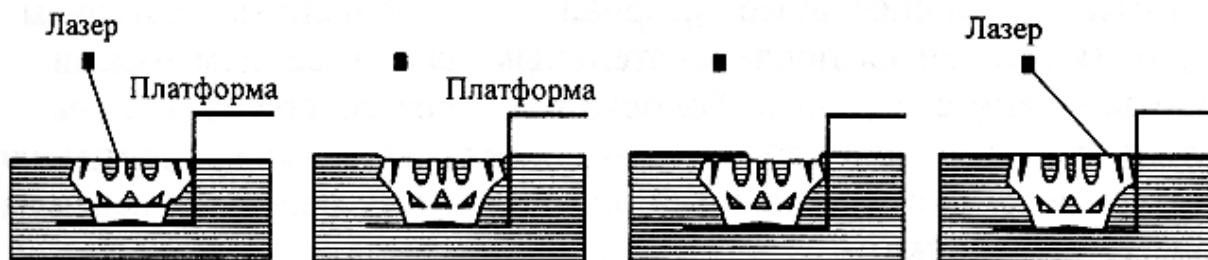
Прототипирование

В процессе разработки технических изделий широкое применение находят их физические прототипы. Быстрое прототипирование является актуальным как на этапе конструирования, так и в производственном цикле. Наличие прототипа позволяет наглядно оценить результаты геометрического моделирования, проанализировать параметры изделия, провести рекламную кампанию и исследовать рынок, использовать прототип на отдельных этапах изготовления изделия, например при литье по выплавляемым моделям. Прототип можно изготавливать различными способами.

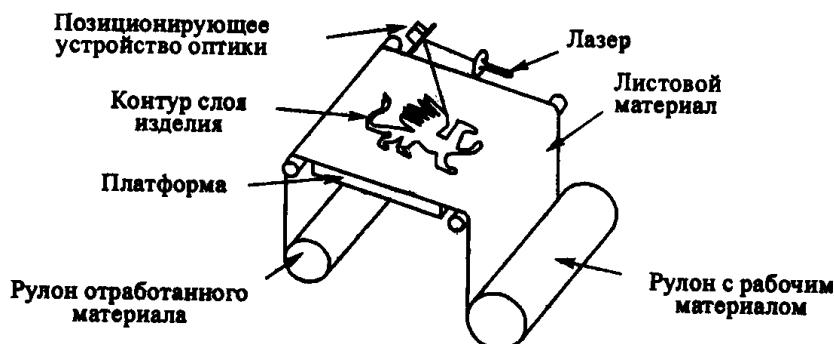
Стереолитография. В процессе обработки данных STL-файла (особенный стандарт преобразования геометрической модели для прототипирования) на стереолитографической установке геометрическая модель изделия последовательно представляется набором тонких слоев толщиной 50...150 мкм. В основе процесса стереолитографии лежит принцип послойного наращивания изделия путем полимеризации жидкого фотополимера под воздействием УФ-излучения лазера. Послойное наращивание включает в себя следующие основные этапы:

- в соответствии с очертаниями текущего контура изделия луч лазера прорисовывает очередной слой на поверхности жидкого полимера, залитого в ванну установки. Полимер отверждается только там, где прошел лазерный луч;
- платформа с формируемым прототипом погружается в полимер на толщину слоя; поверхность ванны снова покрывается тонким слоем жидкого полимера;
- лазер засвечивает следующий слой полимера и т.д. Процесс повторяется автоматически до полного изготовления прототипа.

На стереолитографической установке прототип может быть получен за несколько часов. Габаритные размеры ванн выпускаемых фирмой 3D Systems (США) установок могут достигать примерно 500 x 500 x 500 мм. Точность моделей 0,1 мм.



LOM-технология. После загрузки STL-файла в LOM-систему с помощью специального программного обеспечения этой системы геометрическая модель изделия разделяется на множество слоев по оси Z.



Установка начинает процесс наращивания изделия, подавая слой бумаги и скрепляя его с предыдущим слоем. Затем лазер вырезает контур этого слоя и размечает излишки материала. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будут построены и скреплены все слои. После этого можно удалить излишки бумаги и получить готовый бумажный прототип.

Максимальные габариты изделия: длина – до 800 мм, ширина – до 560 мм, высота – до 500 мм. Максимальная масса – до 200 кг. Система ламинации подачи бумаги имеет следующие характеристики: температура горячего валика – 70...400 °C, сжатие – до 18 кг, совместима с бумагой и другими рулонными материалами, покрытыми термочувствительным kleящим слоем, толщина материала 0,076...0,2 мм.

Печать на термопринтере. Это новейшая технология разработана совсем недавно фирмой 3D Systems (США). Принцип действия термопринтера напоминает струйный принтер, но в качестве рабочей смеси используются термополимерные материалы. Трехмерный твердотельный прототип строится последовательным наращиванием изделия в соответствии с моделью. Головка принтера содержит 352 сопла, что позволяет обеспечить очень высокое качество поверхности (300 пикселей на дюйм).

Ускоренное фрезерование прототипа из мягких материалов. Для создания прототипов способом ускоренного фрезерования (гравирования) используются сравнительно недорогие мягкие материалы типа пластмасс, твердого пенопласта, дерева и т.п. Применение этих материалов позволяет существенно сократить время фрезерования при изготовлении прототипа.

ЛЕКЦИЯ 3

- CAD
- ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Автоматизация конструирования в машиностроении (CAD)

Одним из наиболее важных этапов проектирования машиностроительных изделий является этап конструирования. Значимость его не только в том, что на этом этапе формируется концептуальный облик будущего изделия, но и в том, что именно на этапе конструирования создаются математически точные геометрические модели как отдельных деталей, так и всего изделия, которые будут играть определяющую роль на всех последующих этапах жизненного цикла изделия.

В настоящее время все существующее программное обеспечение автоматизированного конструирования принято классифицировать по функциональной полноте. По этому признаку оно условно делится на три уровня:

Программы 2D моделирования – чертежи и эскизы – самый низкий уровень.

БАЗИС-Конструктор 4.5, Графика-8 (Институт проблем управления), КОМПАС-ГРАФИК (Аскон), SprutCAD (СПРУТ-Технологии), чертежно-графический редактор APM Graph (НИЦ АПМ), CADMECH и CADMECH LT на базе AutoCAD и AutoCAD LT2000 (Интермех), T-Flex CAD LT (Топ Системы), АДЕМ (Omega Technologies) и др.

Программы 3D моделирования – средний уровень.

AutoCAD 2000 и AMD (AutoDesks), Solid Works (Solid Works), КОМПАС-3D (Аскон), Solid Edge (Unigraphics Solutions), PowerSHAPE (Delcam plc), Prelude Design (Matra Datavision), MicroStation (Bentley Systems), ГeMMA-3D (ГeMMA), T-Flex CAD 3D (Топ Системы), bCAD (ПроПро Группа), CREDO (НИЦ ACK), OceanCAD и др.

Программы сквозного моделирования – самый высокий уровень.

CATIA5 (Dassault Systemes, Франции), EUCLID3 (EADS Matra Datavision, Франция) [1], UNIGRAPHICS (Unigraphics Solutions, США) [2], Pro/ENGINEER и CADDSS5 (PTC, США).

В основе автоматизированного конструирования машиностроительных изделий лежит *геометрическое моделирование*. Для создания объемной модели изделия конструктор может воспользоваться методом трехмерного твердотельного моделирования, методом поверхностного моделирования или сочетанием этих методов в адаптивных формах.

CAD — система (программный пакет), предназначенный для создания чертежей, конструкторской, технологической документации и 3D моделей.

Геометрическое моделирование – совокупность операций и процедур, включающих формирование геометрической модели объекта и ее преобразование с целью получения желаемого изображения объекта и определения его геометрических свойств.

Твердотельное моделирование

Твердое тело – заполненная «материалом» замкнутая область пространства.

Твердое тело характеризуется:

- многогранным представлением
- историей своего создания.

Многогранное представление тела отображается в виде прозрачного или непрозрачного объема, границы которого состоят из совокупности линий ребер и поверхностей граней.

Геометрические модели твердых тел всегда математически точные. Отображение этих моделей на экране монитора осуществляется с заданной точностью и зависит от размера рабочей области, выбранного конструктором в начале сеанса работы. Рис. 3.1.

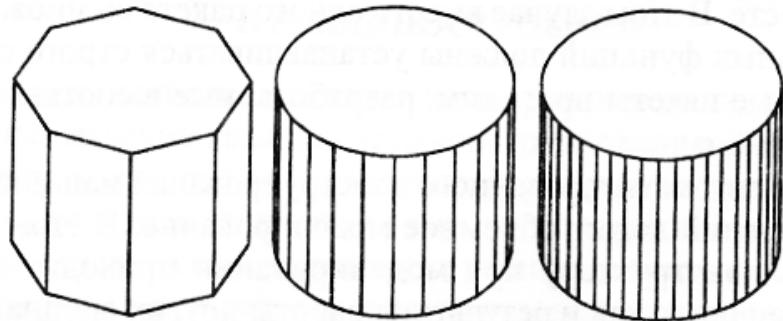
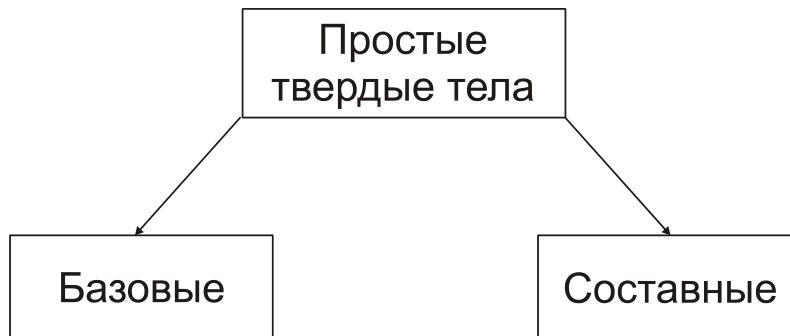
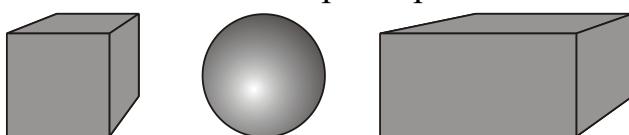


Рис. 3.1. Точность отображения цилиндра

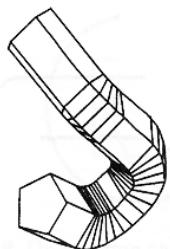
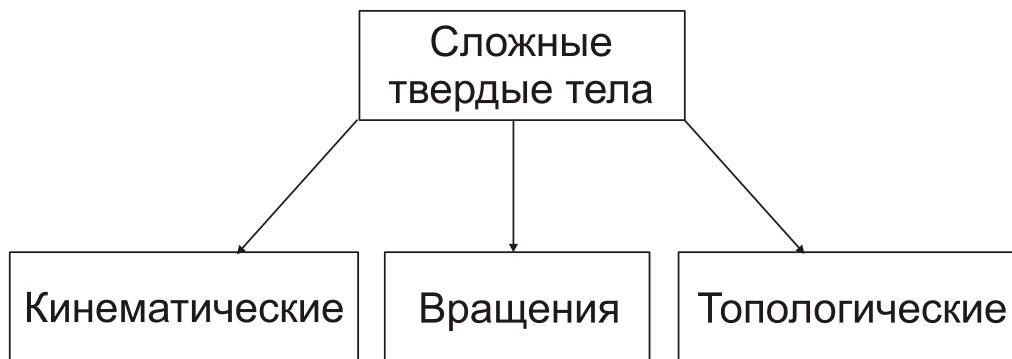


Базовые тела (твердотельные примитивы) – это параллелепипед, цилиндр, шар, конус и др.

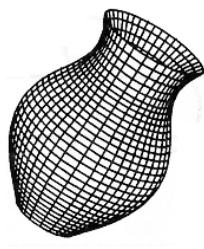
Они строятся с указанием формообразующих линий и контуров или с помощью задания значений параметров.



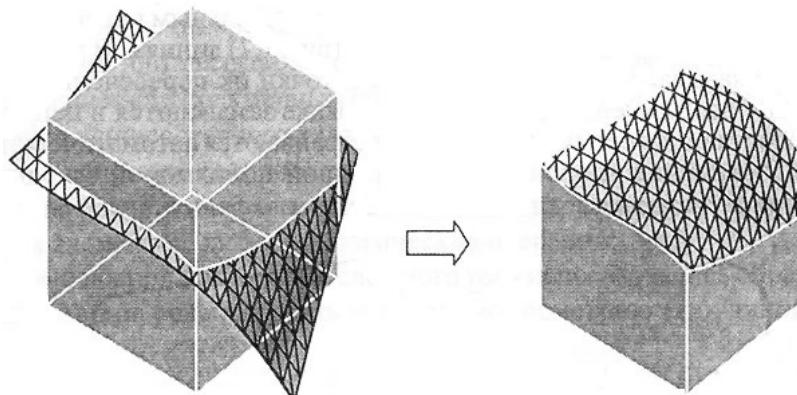
Составные тела формируются в результате топологических операций (булевы функции сложения, вычитания, пересечения) над базовыми телами. В данном случае базовые тела называют *конструктивными элементами* сложного тела



Кинематическое
тело



Тело
вращения



Топологическая операция вычитания
ограниченного плоскостью объема

Элементы построения эскизов и операции

Точка

Прямая (по двум точкам; по точке, расстоянию и углу; перпендикуляр; касательная; параллельная прямая)

Вспомогательная прямая

Окружность (по центру и радиусу; по двум точкам)

Прямоугольник (по диагональным точкам; по точке и размерам)

Дуга (по трем точкам; по двум точкам и радиусу)

Кривая Безье

Фаска

Скругление

Основные приемы построения твердых тел

Выдавливание

- Эскиз – профиль детали;
- Направление выдавливания;
- Расстояние выдавливания.

Вырезание

- Эскиз вырезаемого объема;
- Тело, из которого производится вырезание;
- Глубина вырезания.

Вращение

- Вращаемый эскиз;
- Ось вращения;
- Угол поворота;
- Тип: тонкостенная оболочка / твердое тело.

Кинематическая операция

- Образующий эскиз;
- Траектория движения образующего эскиза (прямая, кривая).

Симметричное отображение

- Отражаемый объект или группа объектов;
- Точка / прямая / плоскость, относительно которой производится отражение;
- Смещение при отражении;

Массив элементов

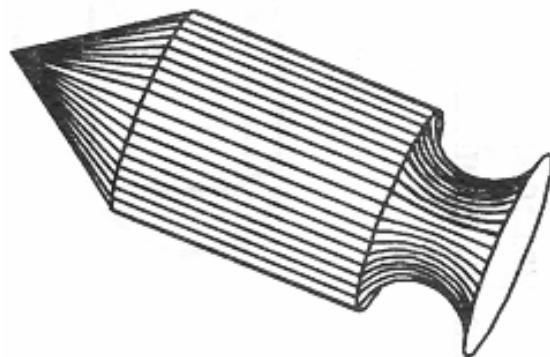
Применяется для автоматического выполнения однотипных элементов конструкции. Например, вырезания отверстий под болты.

- Повторяемый элемент;
- Число повторений;
- Смещение последующего элемента от предыдущего;
- Траектория: вдоль прямой / вдоль кривой / вдоль окружности.

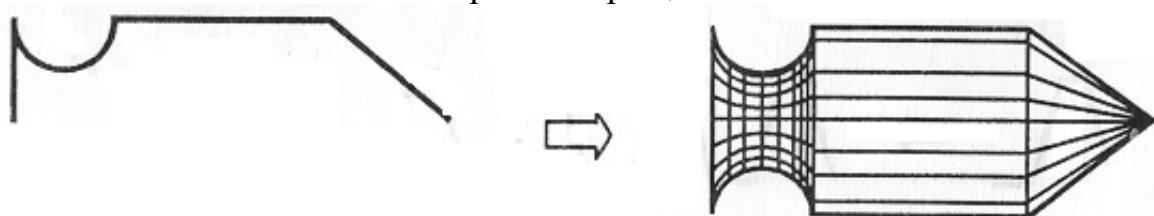
Топологическая операция

- Объект;
- Плоскость среза;

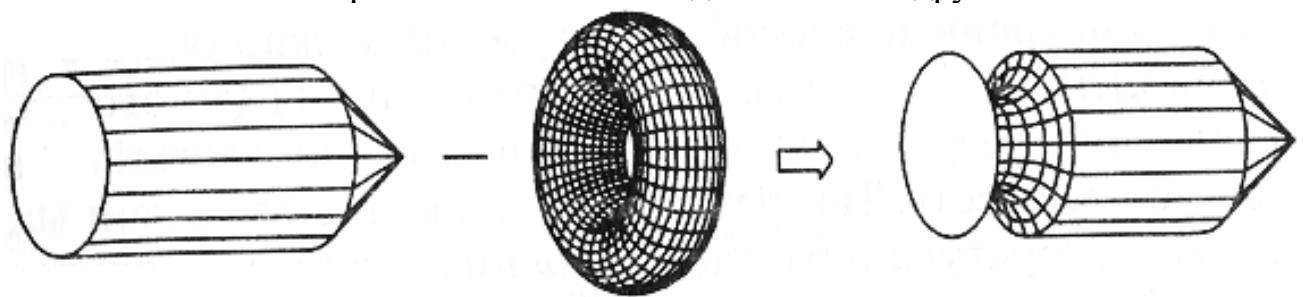
Требуется построить следующее тело



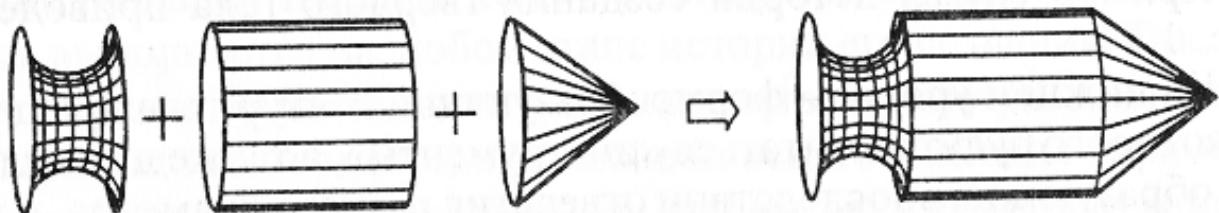
Построение вращением



Построение вычитанием одного тела из другого



Построение сложением трех тел



Рассказать о вариантах модификации твердого тела:

- Изменением эскиза тела вращения;
- Изменением операции вычитания;
- Изменением параметров составных частей.

История построения

Одной из важных характеристик твердого тела является история его создания. Содержательная часть истории создания включает описание всех элементов, используемых для построения тела, параметры и последовательность выполненных операций.

История создания имеет иерархическую структуру. На нижнем уровне размещаются геометрические примитивы (плоские или объемные), параметры примитивов.

На всех последующих уровнях могут размещаться сборки тел, полученные в результате преобразований над объектами нижнего уровня, а также промежуточные результаты топологических операций над отдельными конструктивными элементами.

На верхнем уровне истории создания всегда находится результирующее тело (например, деталь) или сборка результирующих тел (например, узел или агрегат).

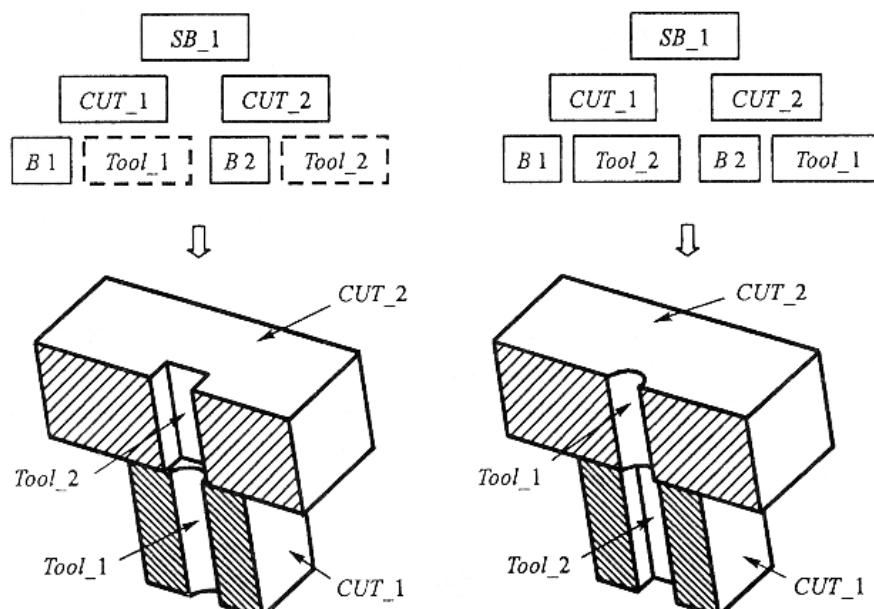
История создания твердого тела содержит:

- граничное представление всех конструктивных элементов,
- параметры объектов
- названия объектов.

Выделение самостоятельных геометрических моделей конструктивных элементов производится копированием прямо из истории создания. Это дает возможность быстрого доступа в любых моделях сложных тел, к любым промежуточным результатам и использования их при построении новых тел, а также позволяет организовать коллективный доступ к результатам работы многих конструкторов в едином проекте, не создавая дополнительных (резервных) копий всех конструктивных элементов.

Кроме самой геометрии в истории создания хранится описание каждой операции в хронологическом порядке их выполнения, которые можно редактировать прямо в дереве истории создания.

Модификация объекта путем изменения истории построения. SB_1 – тело, состоящее из двух призм CUT_1 и CUT_2 и двух операций вычитания B1 и B2 сечений Tool_1 и Tool_2.



Проблемы при выборе варианта построения

Из вышеизложенного видно, что тело **сложной формы можно построить несколькими различными способами**. Все рассмотренные способы построения можно было бы считать равноценными, учитывая, что внешний вид результирующего тела всегда одинаковый. Однако внешний вид – это далеко не главное. И при моделировании следует иметь в виду следующее.

1. Следует выбирать наиболее простой способ построения конечного тела, т.е. с использованием меньшего числа операций. Т.е. *история построения* должна быть как можно меньше и проще. Известно, что чем сложнее система, тем менее она надежна, и тем больше вероятность возникновения ошибки. Кроме того, это облегчит исправление модели.
2. Иногда заранее предугадать нужный вариант невозможно. Правильное решение приходит в результате проектирования. Здесь важен личный опыт конструктора. Например, было построено очень сложное тело, было выполнено несколько тысяч операций. И вот на завершающей стадии необходимо построить последнее скругление. Однако программа не может его построить. Причина может заключаться в том, что самое первое базовое тело было построено вращением, а не выдавливанием. Таким образом, вся проделанная работа пошла на смарку. Конечно, это скругление можно построить обходным путем, но это требует лишних усилий, а успех не гарантирован.
3. Следует иметь в виду, что построенная твердотельная модель в дальнейшем используется для различных расчетов, например при статическом конечно-элементном анализе. При создании конечноэлементной сетки удобно пользоваться встроенными в пакет средствами разбивки. Однако они могут отказаться работать, если твердотельная модель будет выполнена не так, как того требуют средства разбивки. Вернемся к предидущему замечанию. Допустим скругление мы построили обходным путем, это дало возможность получить чертежи детали. Но вот при разбиении детали на конечные элементы возникает проблема разбивки в месте перехода от основной части модели к искусственно приделанному скруглению. В этом случае придется заново строить твердотельную модель.

Параметризация

В твердотельном моделировании реализованы два режима создания объектов – режим адаптивной (свободной) параметризации и режим принудительной параметризации.



В режиме адаптивной параметризации конструктор создает модель изделия без первоначальных позиционных ограничений на ее конструктивные элементы. Адаптивная параметризация позволяет быстро и оперативно вносить изменения в модель, активизируя необходимые параметры элементов конструкции. Конструктору предоставляется возможность в результате оперативного редактирования просмотреть различные варианты и вернуться к первоначальному варианту, при этом нет необходимости беспокоиться о потере последовательности данных построения. На любом этапе модель может быть модифицирована, проанализирована и выбран окончательный вариант.

Принудительная параметризация предполагает описание арифметическими выражениями или отношениями совокупности связанных друг с другом геометрических элементов конструкции. Любой параметр геометрического элемента можно представить его значением, или переменной, или выражением. Если параметризованные контуры и модель детали были сохранены в базе данных, модификация любого из них повлечет за собой соответствующее автоматическое редактирование другого, так как они связаны взаимными ссылками. Поэтому любое изменение параметров математических выражений в параметрических контурах и далее к формированию новой версии детали. В свою очередь, вслед за изменением параметров в исходных параметрических контурах произойдет автоматическое изменение формы детали.

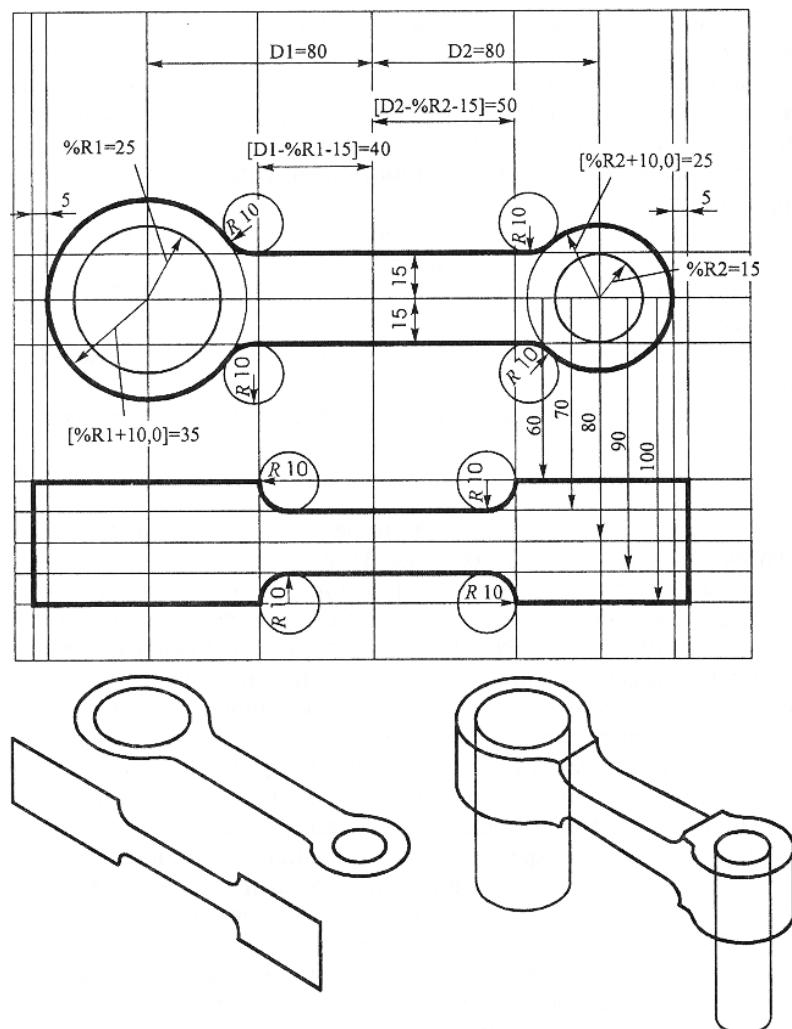


Рис. Принудительно параметризованная модель шатуна

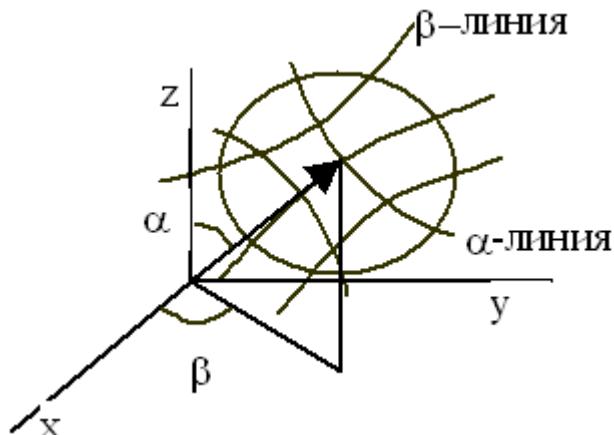
% – обозначение параметра детали.

ЛЕКЦИЯ 4

- ПОВЕРХНОСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
- ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЛИСТОВОГО МЕТАЛЛА
- СТРУКТУРА И ХРАНЕНИЕ ДАННЫХ CAD
- АНАЛИЗ БОЛЬШИХ СБОРОК

Сведения из теории поверхностей

Задание поверхности



Для аналитического задания поверхности можно использовать несколько способов.

$$\begin{aligned} z = f(x, y) & - \text{явная форма} \\ f(x, y, z) = 0 & - \text{неявная форма.} \end{aligned}$$

И явная и неявная форма редко используются в теории поверхностей. Удобнее оказывается параметрическая форма.

$$\begin{cases} x = x(u, v) \\ y = y(u, v) \\ z = z(u, v) \end{cases} \quad \vec{r} = \vec{r}(u, v)$$

u, v - два независимых параметра, в качестве которых можно использовать различные величины.

Если при фиксированном значении параметра v менять значения параметра u , то конец радиус-вектора прочертит на поверхности некоторую линию, назовем ее u -линией. При фиксированном значении u , меняя v можно получить другую линию (v -линию). u, v -линии могут играть роль координат, сетка этих линий вполне определяет поверхность. Наиболее удобно, если образующие линии взаимно ортогональны.

Нормальное сечение и кривизна

В любой неособенной точке поверхности можно построить касательную плоскость и провести нормаль к этой плоскости. Нормальное сечение – линия пересечения поверхности с плоскостью, проходящей через нормаль к поверхности.

Поверхностное моделирование

Поверхностное моделирование с различной степенью полноты реализовано только в программах системах верхнего уровня: CATIA5, EUCLID3, UNIGRAPHICS, Pro/ENGINEER.

Оно предназначено для создания объектов сложной формы, таких, как:

- поверхности деталей внешнего вида (самолеты, автомобили, бытовая техника);
- для проектирования изделий, изготавляемых штамповкой, и оформляющих элементов прессформ и штампов;
- для проектирования изделий, изготавляемых литьем, и их литьевых форм.

Поверхностное моделирование изделий **позволяет**:

- достоверно представить изделия сколь угодно сложной формы;
- точно рассчитать инерционно-массовые характеристики проектируемых изделий;
- проконтролировать взаимное расположение деталей, их собираемость;
- готовить управляющие программы для станков с ЧПУ. Изготовление таких деталей может выполняться, как правило, на оборудовании с 3- и 5-координатным управлением.

Деталь, построенная методами поверхностного моделирования, представляется *пустотелой оболочкой* – «поверхностью» (surface), состоящей из большого числа элементарных участков – «патчей» (patch – лоскут, патч). Два понятия – *топологическая поверхность* и *патч* – являются основными понятиями поверхностного моделирования.

Поверхность является одним из типов геометрических моделей наряду с телами и адаптивными формами (см. ниже).

Поверхность – граница двух полупространств, на которые она делит рабочее пространство.

Математически поверхность – это множество точек, координаты которых удовлетворяют системе уравнений

$$X=X(U,V), \quad Y=Y(U,V), \quad Z=Z(U,V),$$

где U, V – параметры (координаты вдоль образующих линий).

Замкнутые и незамкнутые поверхности могут участвовать в топологических операциях.

Геометрические модели поверхностей являются аналитическими и в отличие от тел имеют единственное представление в структуре данных. Поверхности не имеют истории создания. Точность отображения поверхностей на экране монитора регулируется коэффициентом полигонизации.

В программах обычно представлены два типа участков поверхностей – *базовые* (или *точные*) и *свободные*. Различия определяются способом их формообразования.

Необходимо подчеркнуть, что деление участков поверхности на точные и свободные не означает, что свободные поверхности не могут быть точно изготовлены.

	Точные участки поверхности	Свободные участки поверхности
Как строятся	строятся на основе генераторов (линейчатые участки, поверхность вращения, параллелепипед, цилиндр, сфера, призма, конус, тор).	Строятся на основе алгоритмов: поверхности Безье, B-spline и др. Качество результата чаще оценивается дизайнером визуально.
Как используются	для создания конструктивных элементов на сложных деталях и конструктивных элементов деталей, аналогичных построенным методом твердотельного моделирования.	для формирования видовых деталей (дизайна изделия), так и для построения сложных сопряжений на деталях, где обычные подходы не позволяют получать удовлетворительные результаты.

Над поверхностями могут выполняться сопряжения и топологические операции (сложение, вычитание, выделение части). При выполнении топологических операций над поверхностями результат может отличаться от результата аналогичных операций над телами. *Поверхности можно преобразовать в тела или в адаптивные элементы.*

Поверхности могут быть *проанализированы на топологию* (контроль дефектов), при этом могут быть точно рассчитаны их геометрические и инерционно-массовые характеристики (объем, масса, моменты инерции, площадь поверхности и др.).

Построение изделий методами поверхностного моделирования *имеет определенные преимущества:*

- многоэлементные поверхности могут обрабатываться как единые геометрические элементы (топологические поверхности);
- пересечения и топологические операции выполняются над поверхностью как над единым объектом;
- поверхности автоматически обрезаются при сопряжении или объединении;
- одну поверхность можно объединять с другими многоэлементными поверхностями;
- по заданной поверхности может быть построена сетка конечных элементов.

Кривые. Для построения кривой необходимо создать определенное количество точек. Ломаная линия, соединяющая заданные точки, называется *дескриптором кривой*, а точки – *вершинами дескриптора*.

Очередность создания вершин дескриптора задает направление кривой. Количество вершин в дескрипторе задает класс кривой. Порядок кривой – это количество отрезков в ее дескрипторе. Первая вершина дескриптора является начальной точкой кривой, а последняя вершина – конечной точкой. Кривая должна быть касательна к первому и последнему отрезкам дескриптора в начальной и конечной точках соответственно. Положение точки на кривой задается параметром U . Существуют несколько типов кривых, такие, как кривые Безье, B-spline и эквидистанты, которые различаются методами построения.

Кривая Безье. Кривая Безье, которая формируется по дескриптору, состоящему из трех вершин. В начальной точке кривой $U=0$, в конечной точке – $U=1$. Для определения положения третьей точки нужно соединить середины отрезков дескриптора и найти середину полученного отрезка. В этой точке параметр $U = 0,5$. Можно построить аналогичным образом еще несколько точек на различных расстояниях вдоль отрезков, пока не начнут вырисовываться очертания кривой.

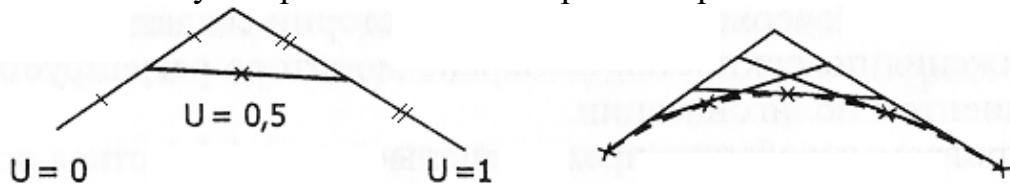


Рис. кривая Безье третьего класса, второго порядка.

Кривая типа B-spline. B-spline – это непрерывная последовательность кривых третьего порядка. В граничных точках кривые имеют общие касательные. B-spline определяется одной линией – дескриптором. Отрезки дескриптора делятся следующим образом:

- первый и последний отрезки не делятся;
- второй и предпоследний делятся пополам;
- промежуточные делятся на три отрезка.

Новые точки на отрезках соединяются и образовавшиеся отрезки делятся пополам. Середины являются точками сопряжения кривых Безье, а каждая кривая Безье строится описанным ранее способом.

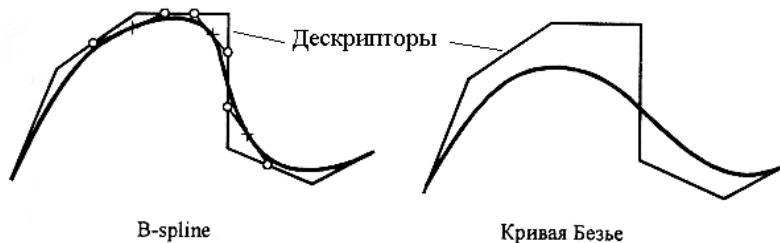


Рис. B-spline и Кривая Безье, построенные по одинаковым дескрипторам

Патчи поверхности. В программных системах верхнего уровня встречаются различные виды патчей. Несколько их видов: ограниченные патчи, патчи поверхностей вращения и эквидистантные патчи.

Ограниченный патч – патч, сформированный тремя или четырьмя граничными кривыми.

Патч поверхности вращения – это аналитически точный патч, построенный с использованием образующей поверхности вращения. В качестве параметров выступают ось и угол поворота образующей (так же как и для модели твердого тела), а не дескриптор.

Эквидистантный патч – патч, построенный по ранее созданному патчу на заданном расстоянии по нормалям в каждой точке. Эквидистантный патч не имеет своего дескриптора.

Патч поверхности Безье. Геометрическое место точек, принадлежащих кривой Безье в процессе ее перемещения вдоль другой кривой Безье. Совокупность дескрипторов кривых Безье называется дескриптором патча Безье. Каждая точка на патче поверхности Безье совпадает с точкой пересечения изопараметрических кривых с заданными значениями параметров U и V.

Патчи NURBS поверхности. NURBS (Non Uniform Rational B-spline) – патч, имеющий ту же структуру, что и патч поверхности вращения, а отображается, как патч Безье. Патчи NURBS поверхностей могут иметь элементы – патчи Безье порядка больше 9 и патчи B-spline.

Топологии. В поверхностном моделировании модифицируется только структура связности патчей поверхности. Патчи поверхности могут как объединяться в одну поверхность, так и разбиваться на части. Из поверхности можно удалить часть ее патчей. В процессе модификации поверхности могут быть разрезаны, разбиты, сглажены, сопряжены. Форму патча можно изменить путем редактирования положения вершин его дескриптора.

Адаптивные формы

Объемное моделирование с помощью адаптивных форм является промежуточной формой между твердотельным и поверхностным моделированием. Адаптивные формы сохраняют историю своего создания и могут участвовать в топологических операциях как тела, а также могут быть незамкнутыми, как поверхности.

Адаптивные формы делятся на базовые и составные. Строятся они аналогично телам. Созданные ранее тела и поверхности могут быть преобразованы в адаптивные формы.

Над адаптивными формами могут производиться топологические операции:

- Объединение двух или группы элементов. В случае пересечения незамкнутых адаптивных форм результат объединения всегда можно выбрать.
- Вычитание одной адаптивной формы из другой.
- Пересечение между двумя адаптивными формами с одновременным скруглением получаемой общей части.
- Соединение двух незамкнутых адаптивных форм с общей границей. Способы модификации адаптивных форм.

Существует несколько способов редактирования адаптивных форм:

- изменение геометрии – модификация геометрических примитивов или топологических операций путем обращения к истории создания и редактирования параметров базовых геометрических примитивов или образующих линий;
- изменение топологии – изменение типа топологических операций и сопрягающих радиусов. В этом случае можно изменить тип топологической операции между двумя адаптивными формами и радиус скругления, но нельзя редактировать составные адаптивные формы;
- изменение сопряжений – создание или редактирование сопрягающих радиусов у адаптивных форм;
- изменение структуры – удаление, замена или извлечение геометрических примитивов из адаптивных форм. Можно модифицировать историю создания путем удаления примитивов или замены одних форм другими;
- изменение положения – изменение положения геометрических примитивов в адаптивной форме (расстояния от ссылочной точки, угла наклона по отношению к ссылочной плоскости, расположения осей).



Проектирование изделий из листового металла

Современной тенденцией автоматизированного проектирования машиностроительных изделий является стремление к повышению уровня автоматизации процесса проектирования путем использования научных знаний и опыта, накопленного при разработке специализированных изделий. Примером такого подхода является специализированная подсистема конструирования деталей из листового металла.

Аналогичные подсистемы существуют для проектирования штампов, кокилей для заливки металла, пресс-форм и др. Покажем особенности конструирования машиностроительных изделий на примере подсистемы «Проектирование изделий из листа».

Специализированная подсистема проектирования деталей из листового металла является средством для создания объемной геометрической модели детали и ее автоматической развертки с учетом особенностей процессов изготовления: резанием, вырубкой, штамповкой (без глубокой вытяжки).

При создании модели детали автоматически проводится деформации изгиба, кручения, прессования, штамповки, подсечек, образования выемок, ребер жесткости и других элементов.

С помощью этой подсистемы конструируются гнутые детали, состоящие из нескольких связанных элементов, каждый из которых определяется специфической трансформацией листа.

Проектирование детали включает:

- выбор материала листа из библиотеки материалов, которая содержит механические свойства материалов. Система использует эти механические свойства в процессе создания элементов детали;
- выбор или задание формулы вычисления длины среднего слоя гибов элементов детали в зависимости от способа изгиба (оборудования);
- полуавтоматическое определение геометрических элементов, при котором учитываются характеристики и пределы деформации материала;
- автоматическая развертка детали;
- преобразование детали в твердотельную модель для проверки ее компоновки в конструкции изделия.

Логическая структура детали из листа является древовидной: каждая ветвь дерева соответствует элементу, определяемому пользователем. Корнем дерева является фиксированная часть детали (основание), относительно которой выполняется развертка.

Элементы делятся на три категории:

- элементы, присоединяемые по внешнему контуру других элементов. Присоединяемые элементы могут определяться либо контурами, либо заданной деформацией, такой, как изгиб или кручение, и получаются в результате вычисления;
- дополнительные элементы, которые могут размещаться только внутри или по периметру ранее созданных элементов;
- элементы, конструируемые пользователем, – нестандартные элементы, для создания которых используются средства данной подсистемы, и элементы, созданные пользователем в своей прикладной программе.

Вычисление гибов развернутой детали. Для вычисления развернутой длины гиба (изогнутого участка детали из листа) используют один из двух подходов:

- интерактивный – применяют одну из формул, предусмотренных в подсистеме, с возможной коррекцией значения коэффициента;
- программный – записывают программу, которая выполнит необходимые вычисления.

Способы отображения детали. На любом этапе конструирования можно отобразить деталь либо согнутой, либо развернутой, управляя способом отображения:

- отображение контуром или листом позволяет получать реальное представление о детали из листа, либо запросить упрощенное отображение детали в виде контуров для более простой идентификации и обработки элементов;
- отображение «согнуть/разогнуть» наглядно представляет деталь в согнутом состоянии (реалистическое отображение детали в режиме 3D) либо развернутой;
- подробное или упрощенное отображение показывает полное и реалистическое представление деталей. Частичная детализация отображает только размещение элементов на детали.

Структура и хранение данных

Организация хранения и доступа к информации в САПР составляют отдельную проблему.

Отметим, что в пакетах нижнего и среднего уровней в основном реализована файловая структура данных. В пакетах верхнего уровня для хранения и последующей обработки информации объектов проектирования используются внутренние или внешние базы данных.

База данных – это вся совокупность информации об объекте проектирования. Структура данных представляет собой текущую информацию сеанса работы. Временная информация из структуры данных может быть сохранена пользователем в базе данных.

Объектами проектирования являются результаты отдельных этапов проектирования – геометрические модели, аналитические расчеты, технологические операции и процессы. Структуры баз данных в системах верхнего уровня, их логическая и физическая организация различны.

База обеспечивает одновременный доступ к структурам данных проекта с рабочих мест участников работ над проектом: дизайнеров, конструкторов изделия, расчетчиков, инженеров оснащения, технологов.

С момента первого сохранения объекта в базе данных участники могут использовать в своей работе результаты проектирования и при необходимости влиять на процесс проектирования. Таким образом, согласование конструкции идет параллельно с проектированием. Конструктор оснащения также начинает свою работу, не дожидаясь окончания проектирования. Например, как только готов общий вид детали, можно выбрать размер плиты пресс-формы, определить тип, гнездность, ввести при необходимости дополнительные элементы (подвижные элементы, дополнительные плиты). Когда будет закончена конструкция детали – закончить проектирование формообразующих элементов пресс-форм.

Созданные объекты, как сами детали, так и оснащение, используются при оформлении и выпуске конструкторской документации.

База данных обеспечивает формирование структуры изделия путем организации ссылок на ранее созданные объекты. Например, если деталь входит в несколько узлов, то ее модель не размножается, а формируются ссылки на эту деталь. По созданным сборкам может быть выполнено документирование изделий. Причем формы документов (спецификации, ведомости материалов и др.) могут быть представлены в том виде, который принят на предприятии, и/или приведены к форматам, пригодным для передачи в другие автоматизированные системы.

В случае изменения объектов система отслеживает ссылки в базе данных и информация обновляется в сборках и машинном представлении документов. Если внесенные изменения не выполнимы (например, вследствие некорректного использования какой-либо функции), всегда остается возможность вернуться к любой из предыдущих версий модели.

Объекты в базе данных сохраняются под своим именем, с номером версии и расширением. При сохранении объекта после модификации создается новая версия объекта. Нужную версию всегда можно восстановить.

Анализ больших сборок

Выше затрагивались вопросы разработки геометрической модели отдельной детали. Группу деталей можно логически объединить в узел или сборочную единицу. *Под логическим объединением* понимается возможность выполнения операции над такой группой деталей («сборкой») так же, как над одной деталью, без объединения их в составное тело. В свою очередь, несколько сборочных единиц можно логически объединить в агрегат, а агрегаты – в изделие. Так создаются объемные геометрические модели сложных изделий, например станка, автомобиля и др.

Модели сложных изделий, в которых может объединяться до нескольких десятков тысяч элементов, требуют значительных ресурсов компьютера. В системах верхнего уровня предусмотрены специальные приложения визуализации и анализа таких изделий. Эти среды позволяют использовать математически точные модели изделия, упрощая их представление в структуре данных. В результате создается новый геометрический объект – «большая сборка», который может использоваться для изменения его конструкции путем топологических операций, проверки связности сборки или измерения параметров и характеристик (объем, центр масс, плотность, моменты и тензоры инерции и др.).

Для динамического контроля сборки сложных изделий в комплексных системах сквозного проектирования разработана специализированная среда. Она позволяет наглядно представить пространственную компоновку всех элементов «большой сборки». В режиме анимации есть возможность проследить последовательность сборки, оценить коллизии и перемещение всех деталей механизмов.

ЛЕКЦИЯ 5 +ПРОЕКТОР

- **ДЕМОНСТАРЦИЯ СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**
- **СИСТЕМЫ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**
- **КОМПАС**
- **SOLID WORKS**

Демонстрация материалов о современном производстве

В демонстрацию входят видеоматериалы о:

- современных станках с ЧПУ;
- современных станках в Брянской области (БМЗ, КАЗ, НЦВТ-БГТУ);
- прототипировании.

Наиболее известные системы твердотельного моделирования

Компас
Solid Works
AutoCAD
T-Flex

Компас

Сейчас версия 11

КОМПАС — система автоматизированного проектирования, разработанная российской компанией «АСКОН» с возможностями оформления проектной и конструкторской документации согласно стандартам серии ЕСКД и СПДС.

Существует в двух версиях: КОМПАС-График и КОМПАС-3D, соответственно предназначенных для плоского черчения и трёхмерного проектирования.

КОМПАС-График может использоваться как полностью интегрированный в КОМПАС-3D модуль работы с чертежами и эскизами, так и в качестве самостоятельного продукта, полностью закрывающего задачи 2D-проектирования и выпуска документации.

Система ориентирована на поддержку стандартов ЕСКД и СПДС. КОМПАС-График автоматически генерирует ассоциативные виды трёхмерных моделей (в том числе разрезы, сечения, местные разрезы, местные виды, виды по стрелке, виды с разрывом). Все они ассоциированы с моделью: изменения в модели приводят к изменению изображения на чертеже.

Стандартные виды автоматически строятся в проекционной связи. Данные в основной надписи чертежа (обозначение, наименование, масса) синхронизируются с данными из трёхмерной модели.

Существует большое количество дополнительных библиотек к системе КОМПАС, автоматизирующих различные специализированные задачи.

Типы файлов

Программа предназначена для работы с файлами следующих типов.

Работа с конструкторской документацией

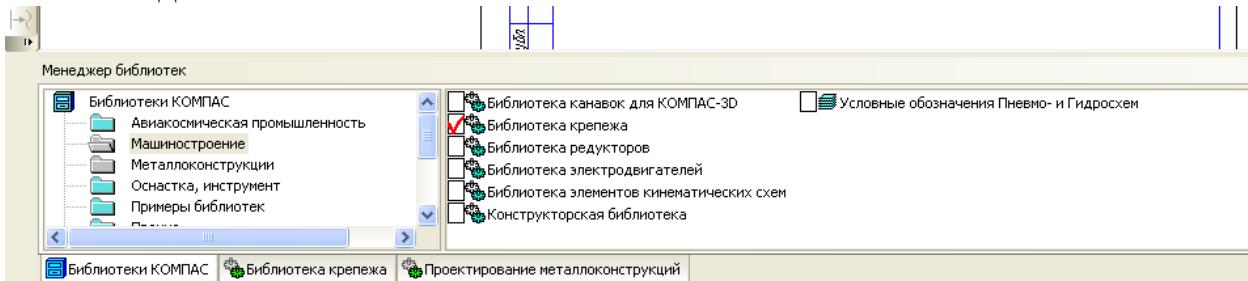
- **ЧЕРТЕЖ (*.cdw)** – изображение детали или сборочной единицы (узла, агрегата, изделия) на плоскости с обозначением размеров и т.п.
- **ФРАГМЕНТ (*.frw)**. То же самое, что и чертеж, но выполняемый без рамки и основной надписи. Фрагмент может быть вставлен в чертеж.
 - Используется в том случае, когда требуется просто построить какое-либо изображение, например, для графического решения геометрической задачи и т.п. В этом случае рамка не нужна и только отвлекает.
 - Иногда сразу неизвестно, какой масштаб потребуется для того, чтобы чертеж влез в пределы рамки листа стандартного формата. Чтобы не думать об этом, сначала строится чертеж объекта в натуральную величину. Это также избавляет от постоянного пересчета размеров в соответствии с масштабом. Потом данный фрагмент вставляется в файл чертежа и уменьшается до тех пор, пока не влезет в рамку. Определенный таким образом масштаб указывается в основной надписи. При этом размеры, отклонения геометрической формы и т.п. рекомендуется указывать уже после уменьшения (иначе после уменьшения они могут налезать друг на друга).
- **ТЕКСТОВЫЙ ДОКУМЕНТ (*.kdw)** – текстовые файлы используются для написания пояснительной записки к проекту. При этом набранный текст автоматически помещается в стандартную рамку. При наборе данных можно выбрать тип отображения спецификации: или просто в виде непрерывной таблицы, или в виде стандартных листов с рамкой, на которых размещены таблицы спецификации.
- **СПЕЦИФИКАЦИЯ (*.spw)** – файл, содержащий спецификации и позволяющий автоматически помещать таблицы в стандартную рамку.

Твердотельное моделирование

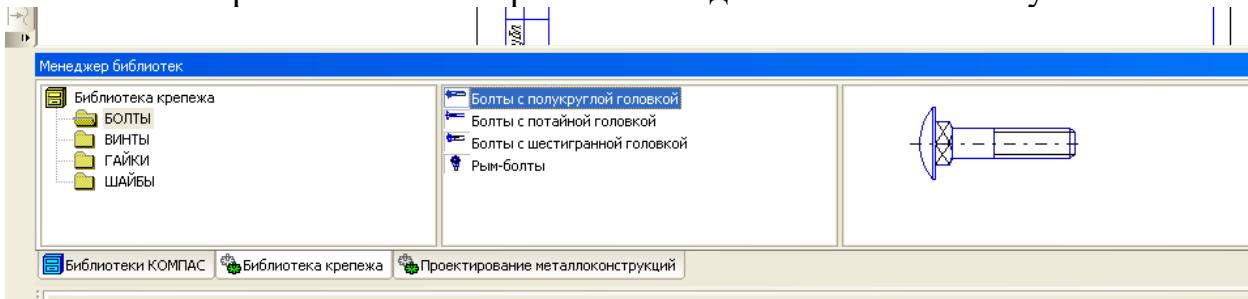
- **ДЕАЛЬ (*.m3d)** – Трехмерная модель детали машины или элемента конструкции. Деталь не должна иметь разрывов или соединений.
- **СБОРКА (*.a3d)** – Трехмерная модель нескольких деталей или элементов, образующих единое целое. Сборка состоит из описания деталей и их взаиморасположении друг относительно друга.

Библиотека

При работе над проектом все чертежи или детали либо строятся вручную, либо добавляются из библиотеки готовых элементов. Запуск менеджера библиотек осуществляется с помощью меню **Сервис/Менеджер библиотек**. В появившемся окне двойным щелчком открываем нужную библиотеку. Библиотека открывается в отдельной вкладке.



Щелкаем по вкладке и выбираем требуемый объект. Потом щелкаем мышкой в любой области чертежа или геометрической модели и появляется нужный элемент.



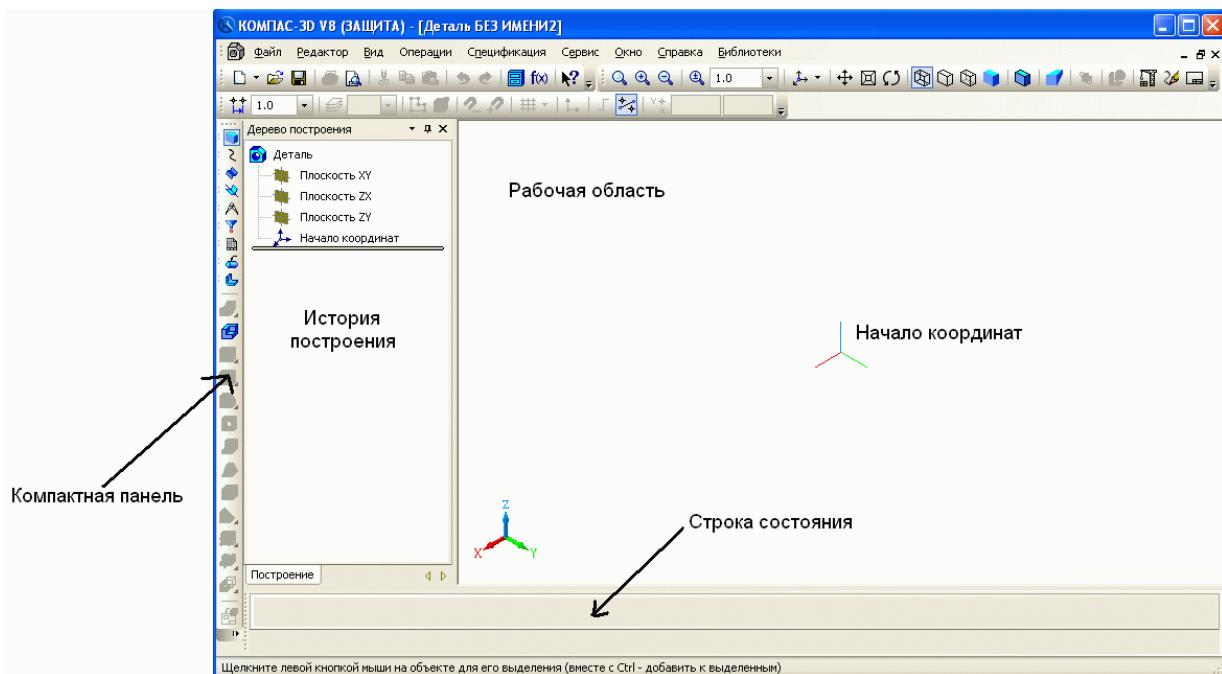
Среди полезных для нас библиотек можно выделить:

- **Машиностроение/Библиотека крепежа** (3D-модели и плоские эскизы винтов, болтов, гаек, шайб и прочих метизов).
- **Машиностроение/Библиотека редукторов** (3D-модели и плоские эскизы стандартных редукторов общемашиностроительного применения для сборочных чертежей и общих видов).
- **Машиностроение/Библиотека электродвигателей** (3D-модели и плоские эскизы электродвигателей для сборочных чертежей и общих видов).

И др. Найти нужную библиотеку или нужный объект легко по названию.

Следует иметь в виду, что некоторые библиотеки предназначены для работы с файлами только определенного формата. Чаще всего в библиотеке хранятся эскизы объектов. При попытке вставить такой эскиз из библиотеки в файл детали или сборки Вас постигнет неудача.

Интерфейс



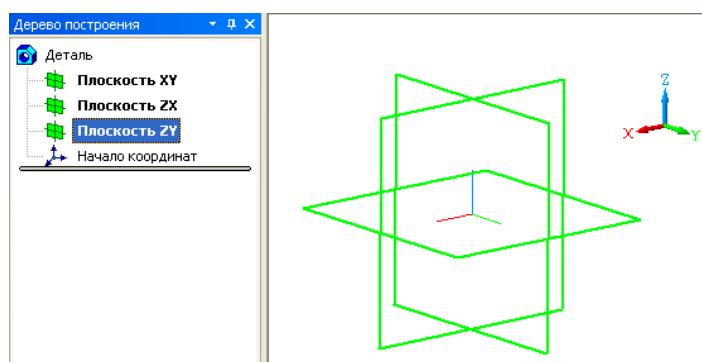
При работе снизу (над строкой состояния) появляются панели в которых пользователь вводит параметры операций.

Смысл построения детали

- **СОЗДАНИЕ З ЭСКИЗА.** Рисуется эскиз (или эскизы), а потом над этим эскизом (или эскизами) производится операция построения.
- **ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ОПЕРАЦИИ.** Уже созданное геометрическое тело несколько видоизменяется.
- **ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ.** Уже построенный участок детали отражается, повторяется несколько раз (создается массив) и т.п.

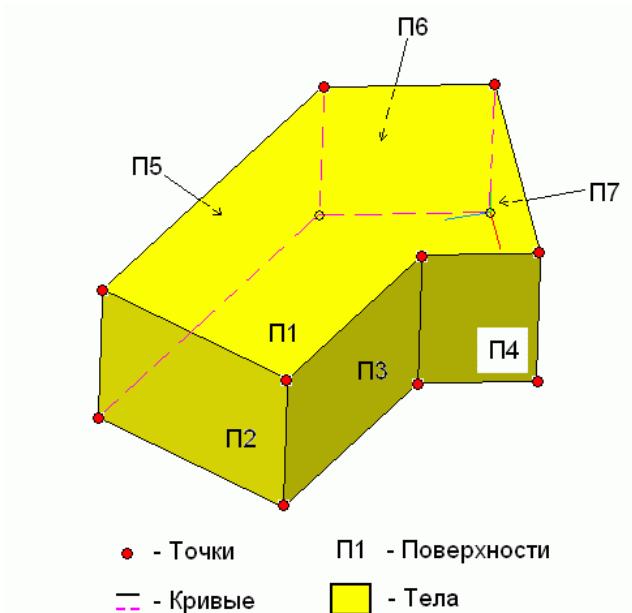
Представление о пространстве в программе

Пространство представляется тремя плоскостями проекций и началом координат. При этом для детали существует только одно начало координат. Однако для плоских чертежей можно задавать новые «локальные системы координат». Для деталей можно создавать новые «вспомогательные плоскости» - это часто используется.



Геометрические примитивы

- **ТОЧКИ** (Пересечения кривых, принадлежащие плоскостям)
- **КРИВЫЕ** (Ребра, прямые, кривые)
- **ПОВЕРХНОСТИ** (Границы, плоскости, криволинейные поверхности)
- **ТЕЛА**



Основные операции построения

- **ВЫДАВЛИВАНИЕ** – построение детали смещением эскиза перпендикулярно его плоскости.
- **ВЫРЕЗАНИЕ** – выемка материала из детали путем смещения эскиза перпендикулярно его плоскости.
- **ОПЕРАЦИЯ ВРАЩЕНИЯ** – создание геометрии путем вращения эскиза вокруг осевой линии.
- **КИНЕМАТИЧЕСКАЯ ОПЕРАЦИЯ** – создание геометрии смещением эскиза вдоль произвольной кривой, часто представляющей собой другой эскиз.
- **ПОСТРОЕНИЕ ПО СЕЧЕНИЯМ** – создание геометрии путем соединения точек, принадлежащих эскизам, лежащим в различных плоскостях.
- **ВЫЧЕТАНИЕ** – построение новой геометрической формы путем выполнения логических операций (вычитание, пересечение) над несколькими уже созданными формами.
- **ДЕТАЛЬ-ЗАГОТОВКА** – импорт в текущую модель заранее созданной модели, которая в дальнейшем будет модифицироваться.

Дополнительные операции построения

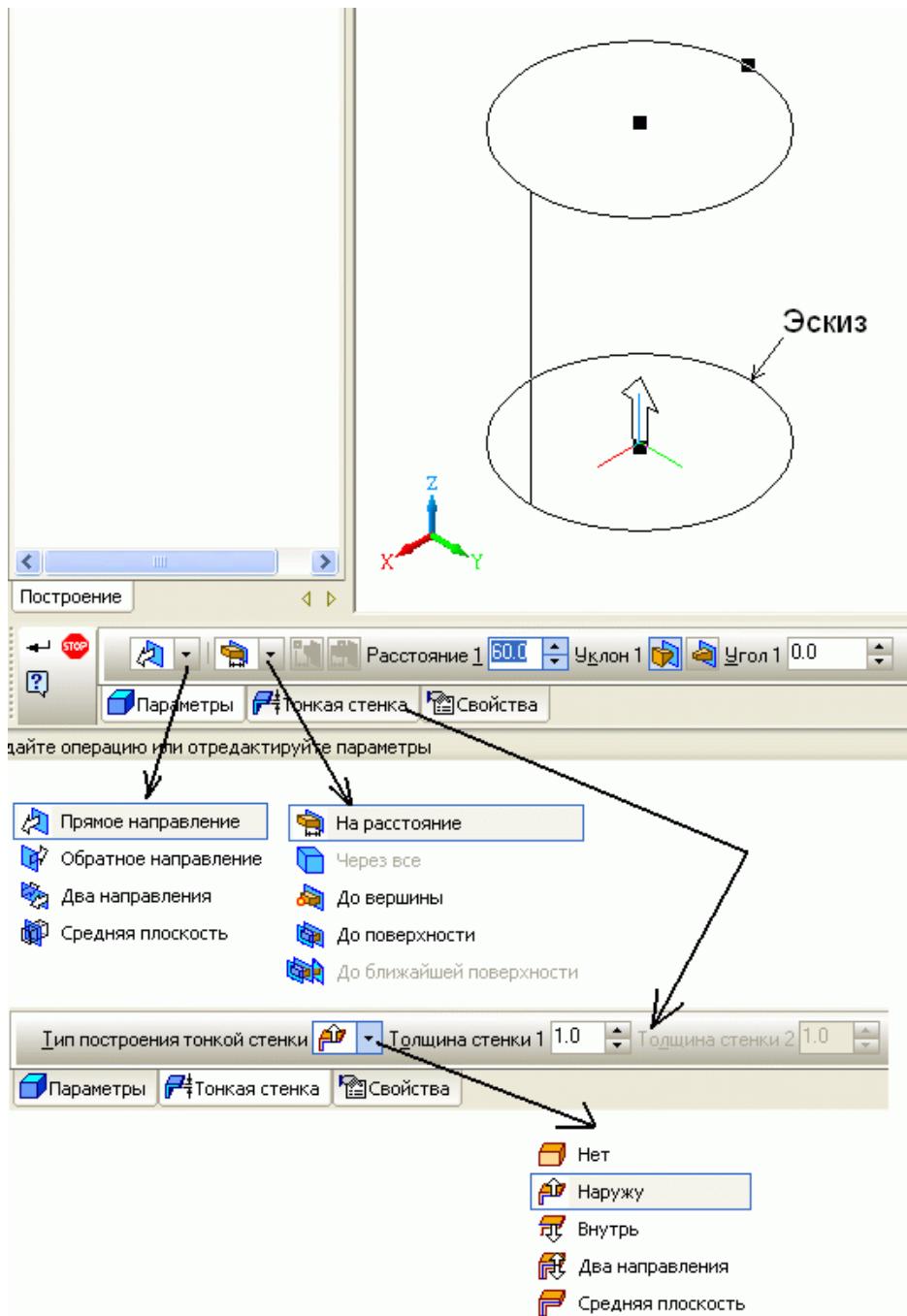
- **ОТВЕРСТИЕ**
- **РЕБРО ЖЕСТКОСТИ**
- **СКРУГЛЕНИЕ**
- **ФАСКА**
- **СЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЬЮ**
- **ОБОЛОЧКА**
- **УКЛОН**
- **УСЛОВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ РЕЗЬБЫ**

Эти операции связаны с построением технологических элементов конструкций. Сначала требуется построить базовое тело, к которому применяется такая операция. Можно обойтись без многих дополнительных операций построения. Например для тел вращения фаски и скругления можно задать на эскизе.

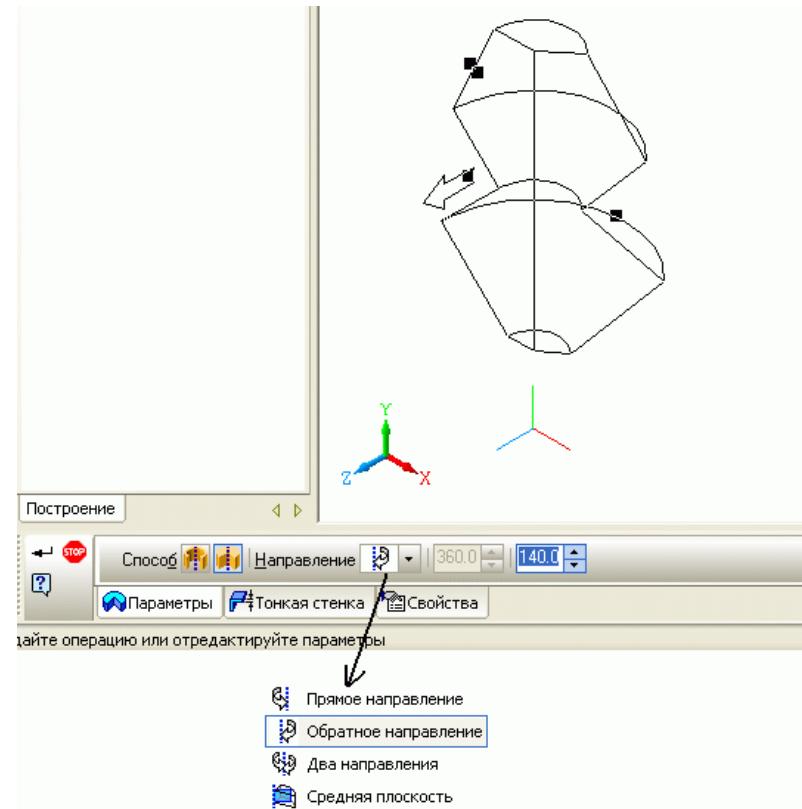
Массивы

- **МАССИВ ПО СЕТКЕ** – Многократное повторение выбранных геометрических форм со смещением вдоль осей базовой системы координат.
- **МАССИВ ПО КОНЦЕНТРИЧЕСКОЙ СЕТКЕ** – Многократное повторение выбранных геометрических форм со смещением вдоль кольцевой траектории.
- **МАССИВ ПО ТРАЕКТОРИИ** – Многократное повторение выбранных геометрических форм со смещением вдоль произвольной кривой.
- **ЗЕРКАЛЬНЫЙ МАССИВ** – Построение зеркально отраженной копии выбранных геометрических форм. При этом исходная и вновьсоздаваемая части соприкасаются.
- **ОТРАЖЕНИЕ** – Построение зеркально отраженной относительно произвольного графического примитива копии выбранных геометрических форм.

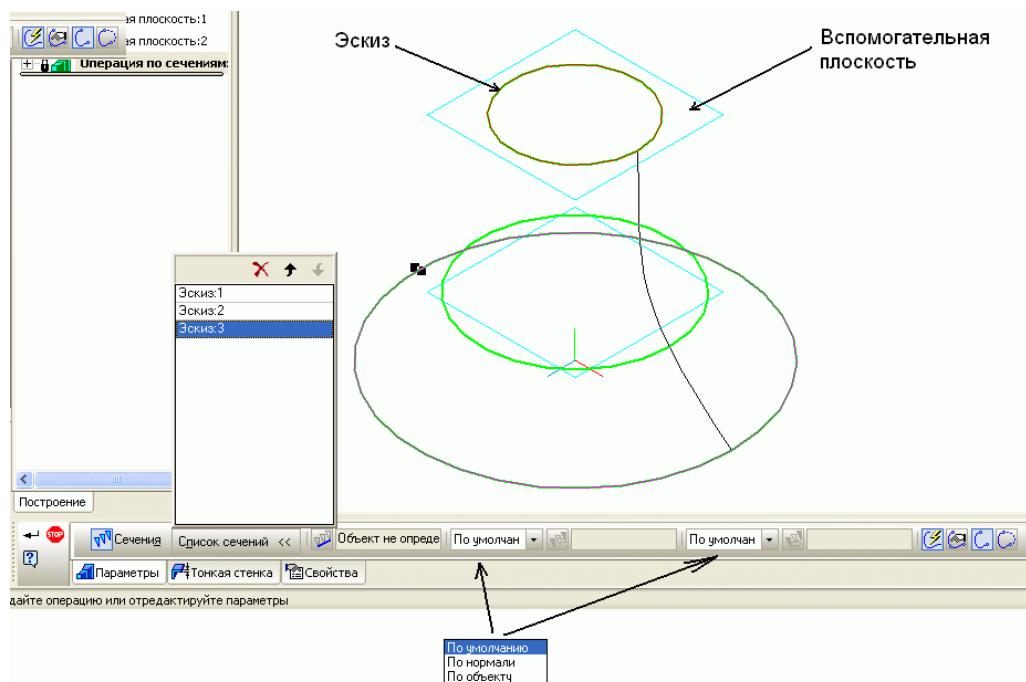
Выдавливание



Вращение



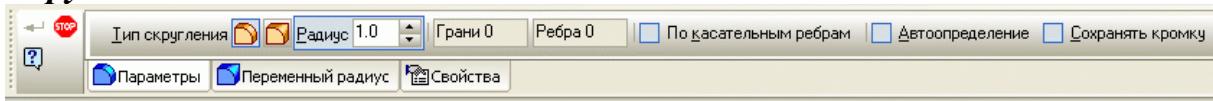
По сечениям



- Автоматическая генерация траектории
- Траектория по точкам
- Не замыкать траекторию
- Замыкать траекторию

Дополнительные операции построения

Скругление



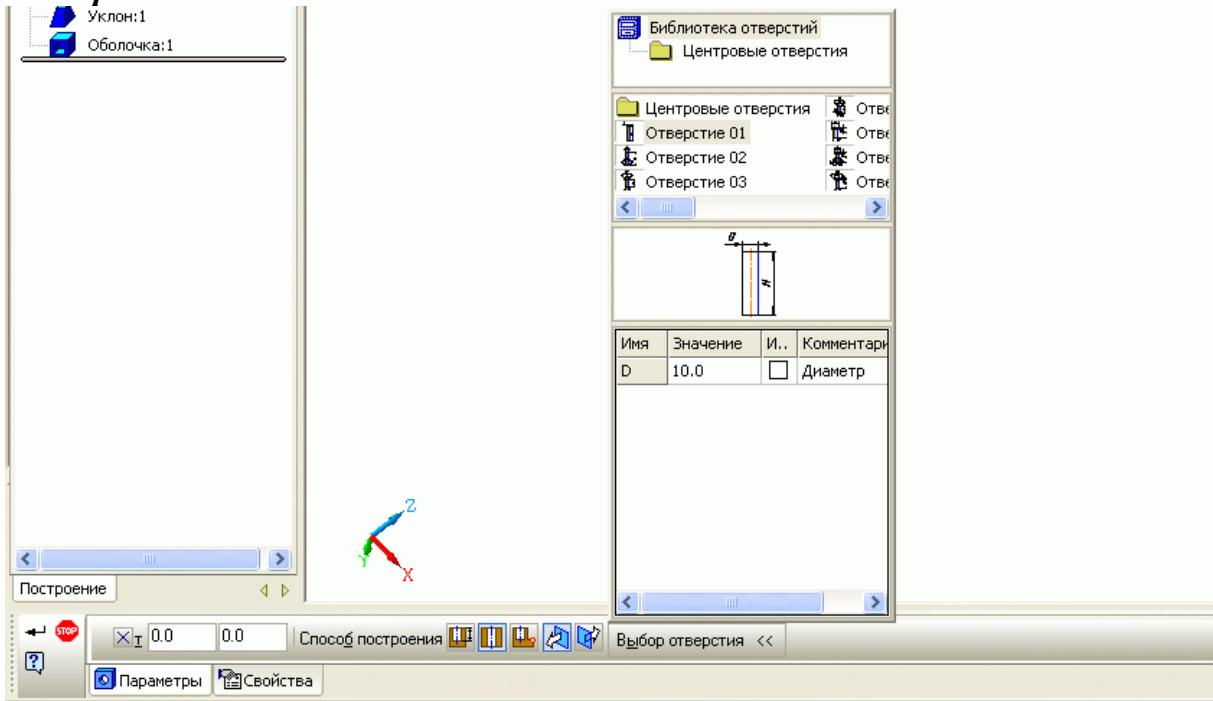
Фаска



Уклон



Отверстие



Параметры геометрии тела

Сервис\МЦХ модели

В открывшемся окне можно просмотреть характеристики построенного тела (объема, площади, массы, моменты инерции, направление главных осей инерции)

Сборка

Сборка строится достаточно просто. В файл сборки добавляются готовые модели (из файлов деталей). Далее эти детали перемещаются и поворачиваются так, чтобы они заняли требуемое положение. В этом помогают сопряжения.

Если в файле детали изменить ее конфигурацию, то эти изменения сразу же появятся на сборке. И наоборот, детали можно править прямо внутри сборки, тогда все изменения будут сохранены в файле детали.

Сопряжения на сборке

Сопряжения – кинематические ограничения, описывающие взаимосвязь отдельных элементов сборки. Эти ограничения действуют на графических примитивах, принадлежащим двум различным объектам. Каждое сопряжение может быть наложено только на два объекта.

- ▶ **ФИКСАЦИЯ** – По умолчанию первая деталь, добавленная в сборку, фиксируется. Другие детали можно фиксировать принудительно. Потом любую фиксацию можно снять.
- ▶ **КОНТРОЛЬ СОУДАРЕНИЙ** – Автоматически накладываемые сопряжения, припятствующие взаимопроникновению одних тел в другие. Эти сопряжения действуют только приведенном режиме «*контроль соударений*».
- ▶ **ПАРАЛЛЕЛЬНОСТЬ** – Расположения двух тел так, что указанные графические примитивы, принадлежащие разным телам, оказываются параллельными друг другу.
- ▶ **ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОСТЬ** – Расположения двух тел так, что указанные графические примитивы, принадлежащие разным телам, оказываются параллельными друг другу.
- ▶ **НА РАССТОЯНИИ** – Расположения двух тел так, что указанные графические примитивы, принадлежащие разным телам, оказываются на определенном друг от друга расстоянии.
- ▶ **ПОД УГЛОМ** – Расположения двух тел так, что указанные графические примитивы, принадлежащие разным телам, оказываются под определенным углом друг к другу.
- ▶ **КАСАНИЕ** – Расположения двух тел так, что указанные графические примитивы, принадлежащие разным телам, касаются в одной точке. (Контроль соударений повторяет это сопряжение).
- ▶ **СООСНОСТЬ** – Расположение двух тел так, что оси их вращения оказываются на одной оси совпадают.
- ▶ **СОВПАДЕНИЕ** – Расположения двух тел так, что указанные плоскости, принадлежащие разным телам, оказываются в одной плоскости.

SolidWorks

Сейчас версия 2009 года

Построение чертежей SolidWorks (далее – SW) похоже на Компас. Рассмотрим некоторые особенности и дополнительные средства для построения геометрических моделей, реализованные в SW.

При построении детали к любой линии на эскизе можно добавить **размерную линию**. Т.е. производится адаптивная параметризация детали. В любой момент одним щелчком можно изменить числовое значение размера, и деталь будет автоматически перестроена. Это избавляет от необходимости перерисовывать эскиз.

В SW особое внимание **уделяется внешнему облику детали**. Имеются свойства добавления текстур на геометрические объекты. Текстуры имитируют натуральный вид детали, модель становится похожа на фотографию детали. Имеются средства настройки освещения детали.

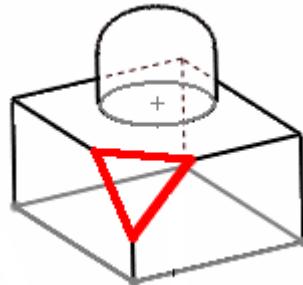
Имеются широкие возможности для изображения изделий из листового металла, сварных конструкций, литейных форм и отлитых деталей.

Имеется встроенный МКЭ-пакет COSMOSXpress. Но этот пакет слишком прост.

Трехмерный эскиз

Двумерные эскизы (вы хорошо знакомы с ними по «Компасу») строятся в одной плоскости. Но иногда требуется построить эскиз в пространстве (трехмерный эскиз).

- Например, траектория создания кинематического тела обычно не лежит в одной плоскости.
- Может возникнуть необходимость построить эскиз в произвольной плоскости (не параллельной основным плоскостям). Например, чтобы сделать срез на угле куба.



Специальные возможности

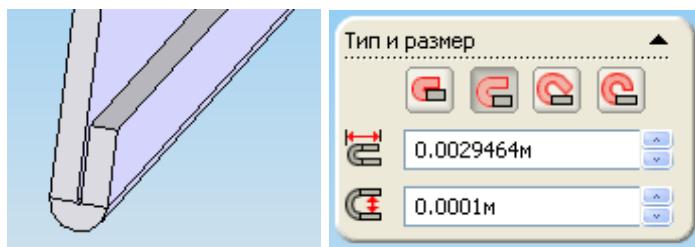
Для работы с дополнительными возможностями откройте соответствующие панели инструментов. Для этого правой кнопкой мыши щелкните в любом месте уже открытой панели инструментов, и в появившемся меню выберите нужную панель инструментов.

Листовой металл

Панель  Листовой металл

Базовая кромка – создание базовой плоскости листа. Далее от этого листа под разными углами строятся остальные плоскости согнутой детали.

Каемка – отгиб небольшой полоски металла для «затупления» острого края изделия. Можно выбрать несколько вариантов отгиба каемки и задать ее параметры. Для построения требуется выбрать кромку металла, которая будет скруглена.



Затупленный угол – в области угла кромки металла производится срез (фаска) или скругление.

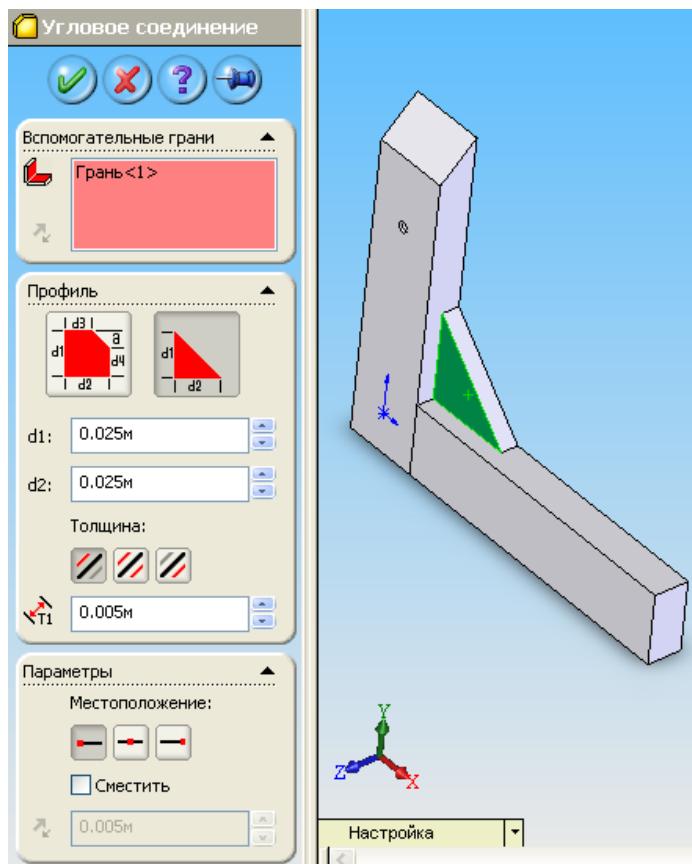


Просмотр развертки

- Нажать кнопку «Плоский» для отображения развертки. Еще раз нажать эту кнопку для возврата к согнутому виду.
- Чтобы посмотреть развертку надо в истории построения щелкнуть правой кнопкой мыши на объекте «Развертка» и выбрать в контекстном меню пункт «Высветить». Чтобы вернуться от развертки к внешнему виду детали – пункт «Погасить». На развертке будут указаны линии сгиба.

Сварные соединения и детали

Панель  Сварные детали



Литейные формы и отливки

Панель  Инструменты для литейной формы

COSMOSXpress

Надстройка используется для быстрого анализа прочности. Можно посмотреть только изокартинки напряжений. Используются квадратичные тетраэдральные конечные элементы.

Запас прочности

COSMOSXpress использует критерий максимального напряжения по Мезису для расчета распределения запаса прочности. Этот критерий точно определяет, что пластичный материал начинает растягиваться, когда эквивалентное напряжение достигает предела текучести материала. Предел текучести определяется как свойство материала. COSMOSXpress рассчитывает коэффициент запаса прочности в какой-то точке как частное предела текучести и эквивалентного напряжения в данной точке.

Интерпретация значений запаса прочности:

- Запас прочности менее 1.0 в каком-либо местоположении, указывает на то, что материал в этом местоположении перешел в состояние текучести и конструкция стала ненадежной.
- Запас прочности, равный 1.0, в каком-либо местоположении, указывает на то, что материал в этом местоположении начал переходить в состояние текучести.
- Запас прочности более 1.0 в каком-либо местоположении, указывает на то, что материал в этом местоположении еще не податлив.
- Материал в каком-то местоположении начнет становиться текучим, если применить новые нагрузки, равные текущим нагрузкам, умноженным на полученный коэффициент запаса прочности.

ПОКАЗАТЬ ПРИМЕРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Мы рассмотрели основы моделирования. В скором времени мы будем рассматривать САЕ-системы, главным образом, МКЭ-пакеты. Однако пока не завершились практические занятия по твердотельному моделированию рассмотрим математические основы САПР.

11. СОСТАВИТЕЛЬ ПРОГРАММЫ

Лагерев Игорь Александрович, доктор технических наук, доцент, проректор по инновационной работе ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»

01.09.2021 г.

И.А. Лагерев

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского»**

**УТВЕРЖДАЮ
Второй проректор по учебной работе**

_____ А.И. Калоша

01 сентября 2021 г.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ
обучающего курса
«Трёхмерное моделирование деталей и сборочных единиц
в системе КОМПАС-3D для последующей 3D-печати»**

Брянск 2021

ЛЕКЦИЯ 1

- **ВВЕДЕНИЕ В КУРС**

О предмете

Итак, мы с вами приступаем к изучению дисциплины «Основы автоматизированного проектирования» или, как говорят у нас на кафедре «Системы автоматизированного проектирования», сокращенно – САПР.

Структура курса

Данный курс включает **17 лекций и 8 практических занятий**. Форма итоговой аттестации – экзамен. Для сдачи экзамена необходимо получить допуск по практике. Активные студенты будут иметь возможность получить экзамен автоматом.

Темы практических занятий

1. Твердотельное моделирование. Демонстрация программ.
2. Твердотельное моделирование. Построение твердотельной модели.
3. Твердотельное моделирование. Демонстрация результатов студентами.
4. МКЭ-пакеты. Построение и импорт моделей.
5. МКЭ-пакеты. Расчет простейших систем (растяжение, изгиб стержня).
6. МКЭ-пакеты. Самостоятельные расчеты.
7. МКЭ-пакеты. Демонстрация результатов студентами.
8. Получение допуска к экзамену.

Рекомендуемая литература

1. Норенков, И.П. Автоматизированное проектирование / И.П. Норенков. – М.: 2000. – 188 с.
2. Норенков, И.П. Информационная поддержка научноемких изделий. CALS-технологии / И.П. Норенков, П.К. Кузьмик. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 320 с.

Рекомендуемое программное обеспечение

- Система твердотельного моделирования: «Компас» или «SolidWorks».
- МКЭ-комплекс «NASTRAN», «PATRAN», «ANSYS».

Установление контакта

У меня к вам будет несколько вопросов.

1. Поднимайте, пожалуйста, руки те, кто уже занимался твердотельным моделированием. Я имею в виду не простое создание чертежей, а создание трехмерных моделей.
2. Кто из Вас пользовался МКЭ-пакетами для конечноэлементных расчетов?
3. Почему САПР – это «автоматизированное» проектирование? Почему не существует «автоматического» проектирования?

Введение в курс

Появление первых программ для автоматизации проектирования относится к началу 60-х гг. Темпы развития техники и технологий требовали внедрения новейших средств проектирования. На помощь, как всегда, пришла наука. Тогда были созданы программы для решения задач строительной механики, анализа электронных схем, проектирования печатных плат. Дальнейшее развитие САПР шло по пути создания аппаратных и программных средств машинной графики, повышения вычислительной эффективности программ моделирования и анализа, расширения областей применения, упрощения интерфейса, внедрения элементов искусственного интеллекта.

К настоящему времени создано большое число программно-методических комплексов для САПР с различными степеню специализации и прикладной ориентацией. В результате автоматизация проектирования стала необходимой составной частью подготовки инженеров разных специальностей; инженер, не владеющий знаниями и не умеющий работать в САПР, не может считаться полноценным специалистом.

Компоненты САПР

Теоретические и практические основы САПР тесно связаны с другими научными дисциплинами. Выделяют следующие виды обеспечения:

- Математическое обеспечение САПР — математические модели, методики и способы их получения;
- Лингвистическое обеспечение САПР — языки программирования;
- Техническое обеспечение САПР — устройства ввода, обработки и вывода данных, средства поддержки архива проектных решений, устройства передачи данных;
- Информационное обеспечение САПР — информационная база САПР, автоматизированные банки данных, системы управления базами данных (СУБД);
- Программное обеспечение САПР;
- Программные компоненты САПР (примером может служить Геометрический решатель САПР);
- Методическое обеспечение;
- Организационное обеспечение.

Критерии выбора САПР

Правильный выбор САПР – надежное условие эффективного проектирования.

Критерии выбора:

- Распространенность САПР;
- Цена САПР, её сопровождения и модификации;
- Широта охвата задач проектирования;
- Удобство работы САПР и её «дружественность»;
- Наличие широкой библиотечной поддержки стандартных решений;
- Возможность и простотастыковки с другими САПР;
- Возможность коллективной работы.

Соотношение цена-качество!

Инженерное проектирование

Проектирование технического объекта – создание, преобразование и представление в принятой форме образа этого еще не существующего объекта.

Образ объекта или его составных частей может создаваться в воображении человека в результате творческого процесса или генерироваться в соответствии с некоторыми алгоритмами в процессе взаимодействия человека и ЭВМ. В любом случае инженерное проектирование начинается при наличии выраженной потребности общества в некоторых технических объектах, которыми могут быть объекты строительства, промышленные изделия или процессы. Проектирование включает в себя разработку технического предложения и (или) технического задания (ТЗ), отражающих эти потребности, и реализацию ТЗ в виде проектной документации.

Системный подход к проектированию

Основные идеи и принципы проектирования сложных систем выражены в системном подходе. Для специалиста в области системотехники они являются очевидными и естественными, однако их соблюдение и реализация зачастую сопряжены с определенными трудностями, обусловливаляемыми особенностями проектирования. Как и большинство взрослых образованных людей, правильно использующих родной язык без привлечения правил грамматики, инженеры используют системный подход без обращения к пособиям по системному анализу. Однако интуитивный подход без применения правил системного анализа может оказаться недостаточным для решения все более усложняющихся задач инженерной деятельности.

Основной общий принцип системного подхода заключается в рассмотрении частей явления или сложной системы с учетом их взаимодействия.

Система – множество элементов, находящихся в отношениях и связях между собой.

Элемент системы – такая часть системы, представление о которой нецелесообразно подвергать при проектировании дальнейшему членению.

Подсистема – часть системы (подмножество элементов и их взаимосвязей), которая имеет свойства системы.

Структура – отображение совокупности элементов системы и их взаимосвязей; понятие структуры отличается от понятия самой системы также тем, что при описании структуры принимают во внимание лишь типы элементов и связей без конкретизации значений их параметров.

Параметр – величина, выражающая свойство или системы, или ее части, или влияющей на систему среды. Обычно в моделях систем в качестве параметров рассматривают величины, не изменяющиеся в процессе исследования системы. Параметры подразделяют на **внешние, внутренние и выходные**.

Фазовая переменная – величина, характеризующая энергетическое или информационное наполнение элемента или подсистемы.

Состояние – совокупность значений фазовых переменных, зафиксированных в одной временной точке процесса функционирования.

Поведение (динамика) системы – изменение состояния системы в процессе функционирования.

Каждая система обладает следующими признаками.

Целенаправленность – свойство искусственной системы, выражающее назначение системы. Это свойство необходимо для оценки эффективности вариантов системы.

Целостность – свойство системы, характеризующее взаимосвязанность элементов и наличие зависимости выходных параметров от параметров элементов, при этом большинство выходных параметров не является простым повторением или суммой параметров элементов.

Иерархичность – свойство сложной системы, выражающее возможность и целесообразность ее иерархического описания, т.е. представления в виде нескольких уровней, между компонентами которых имеются отношения целое-часть.

Системный подход рассматривают как направление научного познания и социальной политики. Он является базой для обобщающей дисциплины «Теория систем». При проектировании систем цели достигаются в многошаговых процессах принятия решений. Методы принятия решений часто выделяют в самостоятельную дисциплину, называемую «Теория принятия решений».

Системный подход предполагает:

- Выявление структуры системы;
- Типизация связей между частями системы;
- Определение атрибутов системы;
- Анализ влияния внешней среды.

Модели объекта в САПР

Моделирование бывает **физическое** (эксперимент) и **математическое**. Все остальные виды моделирования – производные от этих двух.

В автоматизированных проектных процедурах вместо еще не существующего проектируемого объекта оперируют некоторым квазиобъектом – **моделью**, которая отражает некоторые интересующие исследователя свойства объекта. Модель может быть **физическими объектом** (макет, стенд) или **спецификацией**.

Среди моделей-спецификаций различают функциональные, поведенческие, информационные, структурные модели (описания).

Эти модели называют **математическими** если они формализованы средствами аппарата и языка математики. В свою очередь, математические модели могут быть **геометрическими, топологическими, динамическими, логическими** и т.п., если они отражают соответствующие свойства объектов. Наряду с математическими моделями при проектировании используют рассматриваемые ниже **функциональные IDEF0-модели, информационные модели в виде диаграмм сущность-отношение, геометрические модели-чертежи**. В дальнейшем, если нет специальной оговорки, под словом “модель” будем подразумевать математическую модель.

Математическая функциональная модель в общем случае представляет собой алгоритм вычисления вектора выходных параметров **Y** при заданных векторах параметров элементов **X** и внешних параметров **Q**.

ЛЕКЦИЯ 2

- ПОДДЕРЖКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ
- CALS-ТЕХНОЛОГИИ
- СОВРЕМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО
- ПРОТОТИПИРОВАНИЕ
- САМ

CALS-технология – это технология комплексной компьютеризации сфер промышленного производства.

CALS-технологии призваны служить средством, интегрирующим промышленные автоматизированные системы в единую многофункциональную систему. Целью интеграции автоматизированных систем проектирования и управления является повышение эффективности создания и использования сложной техники. В чем выражается повышение эффективности.

История появления CALS-технологий

CALS-технологии зародились в 1980-е годы в недрах военно-промышленного комплекса США в связи с планами США в области СОИ (стратегической оборонной инициативы, «Звездные войны»). Поэтому не удивительно, что среди имеющихся CALS-стандартов фигурирует большое число стандартов и рекомендаций DoD (Министерства обороны США). Для реализации планов СОИ требовалась совместные усилия многих промышленных компаний и предприятий в проектировании, производстве и логистической поддержке сложных изделий, а это означало необходимость унификации представления данных об изделиях. Было осознано, что для взаимодействия автоматизированных систем разных предприятий нужна унификация не только формы, но и содержания (семантики) проектной, технологической, эксплуатационной и другой информации о совместно производимой продукции. Другими словами, требовалось создание единой информационной среды взаимодействия всех крупнейших фирм американского военно-промышленного комплекса.

Оказалось, что это чрезвычайно сложная проблема, решение которой требует длительной и многосторонней проработки в масштабах, выходящих за пределы одной страны. Выяснилось также, что создание единой информационной среды требуется не только для уникальных программ типа СОИ, но и для производства любых сложных систем, в первую очередь военной техники, если их производство основано на взаимодействии многих предприятий.



Преимущества CALS-технологий

Во-первых, улучшается качество изделий за счет более полного учета имеющейся информации при проектировании и принятии управленческих решений. Так, обоснованность решений, принимаемых в автоматизированной системе управления предприятием (АСУП), будет выше, если лицо, принимающее решение, и соответствующие программы АСУП имеют оперативный доступ не только к базе данных АСУП, но и к базам данных других автоматизированных систем – системы автоматизированного проектирования (САПР), автоматизированной системы технологической подготовки производства (АСТПП) и автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУТП) и, следовательно, могут оптимизировать планы работ, содержание заявок, распределение исполнителей, выделение финансов и т.п. При этом под оперативным доступом необходимо понимать не просто возможность считывания данных из баз данных, но и легкость их правильной интерпретации, т.е. соптасованность по синтаксису и семантике с протоюолами, принятыми в АСУП. То же относится и к другим системам, например, технологические подсистемы должны с необходимостью воспринимать и правильно интерпретировать данные, поступающие от подсистем автоматизированного конструирования. Последнего не так легко добиться, если основное предприятие и организации-смежники работают с разными автоматизированными системами.

Во-вторых, сокращаются материальные и временные затраты на проектирование и изготовление изделий. Применение CALS-технологий позволяет существенно сократить объемы проектных работ, так как описания ранее выполненных удачных разработок компонентов и устройств, многих составных частей оборудования, машин и систем, проектировавшихся ранее, хранятся в базах данных сетевых серверов, доступных любому пользователю CALS-технологиями. Доступность опять же обеспечивается согласованностью форматов, способов, руководств в разных частях общей интегрированной системы. Кроме того, появляются более широкие возможности для специализации предприятий, вплоть до создания виртуальных предприятий, что также способствует снижению затрат.

В-третьих, значительно снижаются затраты на эксплуатацию благодаря реализации функций интегрированной логистической поддержки. Существенно облегчается решение проблем ремонтопригодности, интеграции продукции в различного рода системы и среды, адаптации к меняющимся условиям эксплуатации и т.п.

Эти преимущества интеграции данных достигаются применением современных CALS-технологий.

Этапы жизненного цикла промышленных изделий

Основные этапы жизненного цикла промышленных изделий представлены на рис. 2.1. Там же указаны основные типы автоматизированных систем, используемых в жизненном цикле изделий.

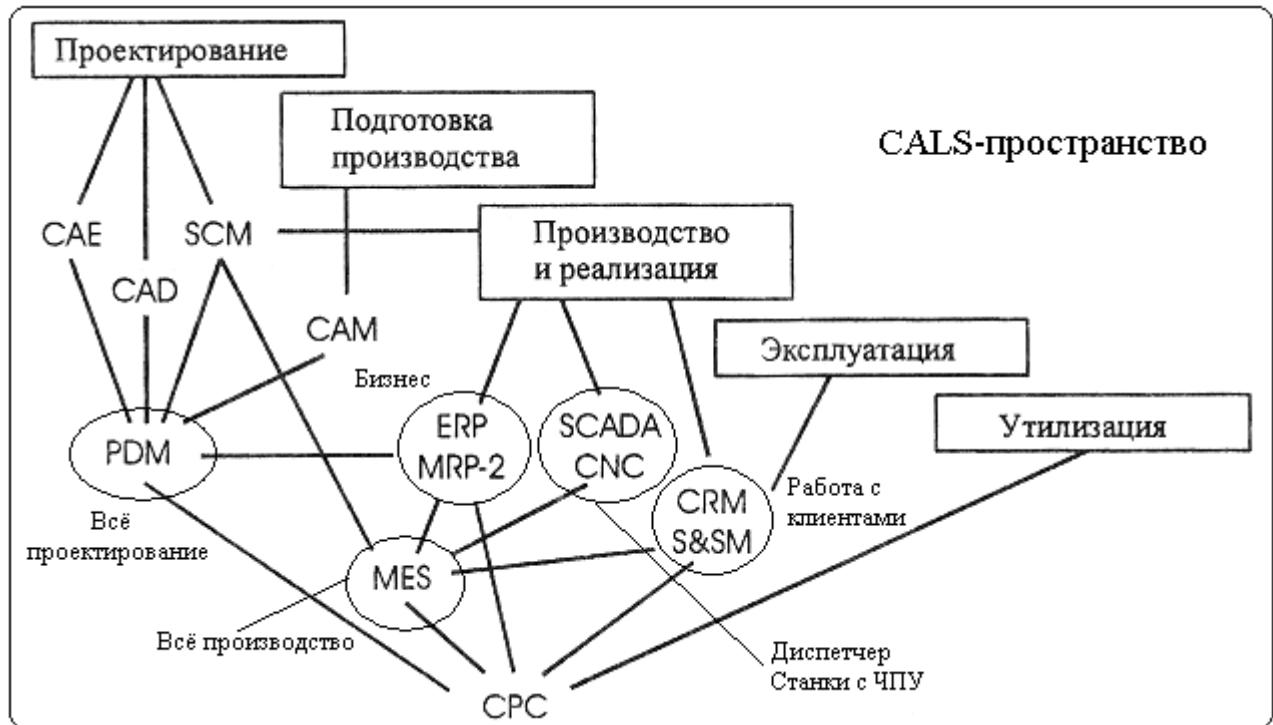


Рис. 2.1. Этапы жизненного цикла промышленных изделий
и системы их автоматизации

Системы, указанные на рис. 2.1, поддерживают следующие этапы и процедуры в жизненном цикле изделий:

- **CAE** – Computer Aided Engineering (автоматизированные расчеты и анализ);
- **CAD** – Computer Aided Design (автоматизированное проектирование);
- **CAM** – Computer Aided Manufacturing (автоматизированная технологическая подготовка производства);
- **PDM** – Product Data Management (управление проектными данными);
- **ERP** – Enterprise Resource Planning (планирование и управление предприятием);
- **MRP-2** – Manufacturing (Material) Requirement Planning (планирование производства);
- **MES** – Manufacturing Execution System (производственная исполнительная система);
- **SCM** – Supply Chain Management (управление цепочками поставок);
- **CRM** – Customer Relationship Management (управление взаимоотношениями с заказчиками);
- **SCADA** – Supervisory Control And Data Acquisition (диспетчерское управление производственными процессами);
- **CNC** – Computer Numerical Control (компьютерное числовое управление);
- **S&SM** – Sales and Service Management (управление продажами и обслуживанием);
- **CPC** – Collaborative Product Commerce (совместный электронный бизнес).

Системы CAE, CAD, CAM можно назвать классическими, т.к. появились раньше остальных.

Современные САПР (или системы CAE/CAD), обеспечивающие сквозное проектирование сложных изделий или, по крайней мере, выполняющие большинство проектных процедур, имеют многомодульную структуру. Модули различаются своей ориентацией на те или иные проектные задачи применительно к тем или иным типам устройств и конструкций.

Для решения проблем совместного функционирования компонентов САПР различного назначения разрабатываются системы управления проектными данными – системы PDM. Они либо входят в состав модулей конкретной САПР, либо имеют самостоятельное значение и могут работать совместно с разными САПР.

Уже на этапе проектирования требуются услуги системы SCM, иногда называемой системой управления поставками комплектующих (Component Supplier Management), которая на этапе производства обеспечивает поставки необходимых материалов и комплектующих.

АСТПП, составляющие основу системы CAM, выполняют синтез технологических процессов и программ для оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ), выбор технологического оборудования, инструмента, оснастки, расчет норм времени и т.п. Модули системы CAM обычно входят в состав развитых САПР, и потому интегрированные САПР часто называют системами CAE/CAD/CAM/PDM. Функции управления на промышленных предприятиях выполняются автоматизированными системами на нескольких иерархических уровнях.

Системы АСУП управляют производством на верхнем уровне – ERP или MRP2. Наиболее развитые системы ERP выполняют различные бизнес-функции, связанные с планированием производства, закупками, сбытом продукции, анализом перспектив маркетинга, управлением финансами, персоналом, складским хозяйством, учетом основных фондов и т.п. Системы MRP-2 ориентированы главным образом на бизнес-функции, непосредственно связанные с производством.

АСУТП контролируют и используют данные, характеризующие состояние технологического оборудования и протекание технологических процессов. Именно их чаще всего называют системами промышленной автоматизации.

Для выполнения диспетчерских функций (сбора и обработки данных о состоянии оборудования и технологических процессов) и разработки программного обеспечения для встроенного оборудования в состав АСУТП вводят систему SCADA. Для непосредственного программного управления технологическим оборудованием используют системы CNC на базе контроллеров (специализированных компьютеров, называемых промышленными), встроенных в технологическое оборудование.

На этапе реализации продукции выполняются функции управления отношениями с заказчиками и покупателями, проводится анализ рыночной ситуации, определяются перспективы спроса на планируемые к выпуску изделия. Эти задачи решаются с помощью системы CRM. Маркетинговые функции иногда возлагаются на систему S&SM, которая, кроме того, служит для решения проблем обслуживания.

Следует отметить, что функции некоторых автоматизированных систем часто перекрываются. В частности, это относится к системам ERP и MRP-2. Управление маркетингом может быть поручено как системе ERP, так и системе CRM или S&SM.

Понятие о CALS-технологии

CALS-технология – это технология комплексной компьютеризации сфер промышленного производства.

Цель CALS-технологии – унификация и стандартизация спецификаций промышленной продукции на всех этапах ее жизненного цикла.

Основные спецификации представлены проектной, технологической, производственной, маркетинговой, эксплуатационной документацией. В CALS-системах предусмотрены хранение, обработка и передача информации в компьютерных средах, оперативный доступ к данным в нужное время и в нужном месте. Соответствующие системы автоматизации назвали автоматизированными логистическими системами или CALS (*Computer Aided Logistic Systems*). Поскольку под логистикой обычно понимают дисциплину, посвященную вопросам снабжения и управления запасами, а функции CALS намного шире и связаны со всеми этапами жизненного цикла промышленных изделий, применяют и более соответствующую предмету расшифровку аббревиатуры CALS – *Continuous Acquisition and LifeCycle Support*.

Применение CALS позволяет существенно сократить объемы проектных работ, так как описания многих составных частей оборудования, машин и систем, проектировавшихся ранее, хранятся в базах данных сетевых серверов, доступных любому пользователю технологии CALS. Существенно облегчается решение проблем ремонтопригодности, интеграции продукции в различного рода системы и среды, адаптации к меняющимся условиям эксплуатации, специализации проектных организаций и т.п. Ожидается, что успех на рынке сложной технической продукции будет немыслим вне технологии CALS.

Развитие CALS-технологии должно привести к появлению так называемых **виртуальных производств**, при которых процесс создания спецификаций с информацией для программно управляемого технологического оборудования, достаточной для изготовления изделия, может быть распределен во времени и пространстве между многими организационно автономными проектными студиями. Среди несомненных достижений CALS-технологии следует отметить легкость распространения передовых проектных решений, возможность многократного воспроизведения частей проекта в новых разработках и др.

Стандарт Step

Стандарты ISO серии 10303. Российский стандарт ГОСТ Р ИСО 10303.

При разработке стандартов STEP были поставлены цели обеспечения единообразного описания и интерпретации данных в автоматизированных системах на различных этапах жизненного цикла изделий. К разработке стандартов STEP под эгидой ISO были привлечены специалисты ряда ведущих компаний в Разных отраслях промышленности.

Основу STEP составляет язык Express. Это язык унифицированного представления данных и обмена данными в компьютерных средах. Язык инвариантен к приложениям. Хотя он разрабатывался с ориентацией прежде всего на описание жизненных циклов промышленных изделий.

В STEP используются следующие важные понятия:

- ААМ – Application Activity Model; это функциональная модель IDEF0 для определенного приложения;
- ARM – Application Requirements Model; это модель, представляющая данные с точки зрения пользователя. В частности, в этой модели данные могут быть выражены как средствами, типичными для приложения, так и с использованием синтаксиса языка Express;
- AIM – Application Interpreted Model; это ARM модель, переведенная в STEP представление с использованием ряда унифицированных в STEP понятий, закрепленных в интегрированных ресурсах;
- AP – Application Protocol; это STEP-стандарт, отражающий специфику конкретного приложения;
- SDAI – Standard Data Access Interface; это программный интерфейс к источникам данных (репозиториям) прикладных систем (в том числе к библиотекам моделей систем CAD/CAM) с переводом моделей в STEP-файлы, используется в STEP-средах для организации обменов между приложениями через общую базу данных STEP.

Прикладные протоколы создаются для однозначного понимания спецификаций приложений разными пользователями информационных моделей.

Прикладным протоколом в STEP называют информационную модель определенного приложения, которая описывает с высокой степенью полноты множество сущностей, имеющихся в приложении, вместе с их атрибутами и выражена средствами языка Express.

Предполагается, что эта модель содержит в себе описание данных любой конкретной задачи соответствующего приложения, т.е. практические информационные модели прикладных задач оказываются частными случаями прикладных протоколов. Другими словами, прикладной протокол выражает онтологию приложения, поскольку под онтологией понимают совокупность концепций, объектов, отношений и ограничений, выражющих семантику определенной предметной области.

Современное производство и технологии его подготовки (САМ)

Для инженера специальности ДПМ основной интерес представляют системы CAD/CAE. Их мы и будем подробно рассматривать далее. Но для начала следует знать, как выглядит современное производство. Следует отметить, что комплексная автоматизация (внедрение систем CALS) будет бесполезна на производстве старого типа. Вы уже имели возможность взглянуть на производства старого типа, а теперь рассмотрим как выглядит современное высокотехнологичное производство.

Станки с ЧПУ и обрабатывающие комплексы

Станки с ЧПУ (числовое программное управление) – производственное оборудование, выполняющее различные технологические операции по заданной программе.

Помимо металлорежущих (например, фрезерные или токарные), существует оборудование для резки листовых заготовок, для обработки давлением.

Использование систем ЧПУ

- повышает производительность труда,
- резко увеличивает выход годных,
- снижает риск рабочих на производстве.

Доля оборудования с ЧПУ в станочном парке растет с каждым годом. Совсем скоро невозможно будет представить завод на котором рабочие будут стоять у станка, вместо этого снижается количество рабочих, и в их обязанности входит наблюдение за процессом производства.

Использование станков с ЧПУ и автоматизированных линий в корне меняет привычный нам (по брянским заводам) образ производства.

Раньше токарю приходилось все операции по производству производить вручную. Теперь он только вставляет заготовку и нажимает кнопку запуска, а после изготовления вынимает готовую деталь. На автоматизированных линиях даже эти действия может выполнить автоматика, тогда рабочий возле каждого станка не требуется. Требуется только диспетчер, следящий за всем производством (или его участком) и ремонтная бригада быстрого реагирования (для устранения сбоев в системе).

Становится несостоительным традиционное распределение труда между различными станками. Если раньше сначала заготовку обрабатывали на токарном станке, потом переносили ее на сверлильный станок для сверления отверстий и т.д. То теперь эти действия могут выполняться одним станком – станок просто меняет резец на сверло. Это экономит время.

Зачастую использование станков с ЧПУ меняет и сами понятия технологии производства. Например, некоторые фрезы имеют две базовые поверхности (что раньше вообще не допускалось). Однако введение такого двойного базирования повышает точность обработки.

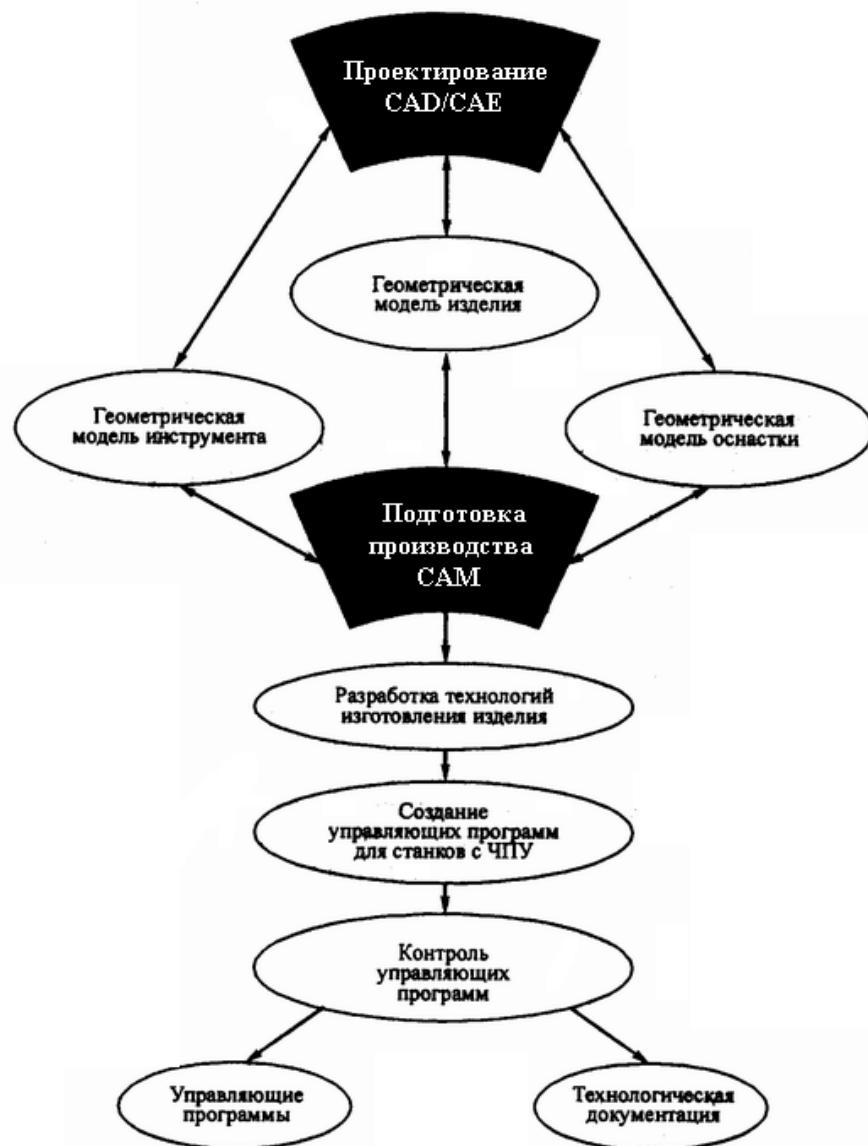
Подготовка производства

Уже было сказано, что на современном производстве обязанности специалиста, работающего за станком изменились. Он только контролирует процесс обработки, а не руководит им. Но откуда же станок знает что и как он должен делать?! Его действия заложены в программе. А откуда взялась эта программа?! Ее составили инженеры по подготовке производства.

Если раньше токарь, условно выражаясь, непосредственно возле станка тысячи раз составлял и исполнял программу (которая находилась в его мыслях). То теперь программу пишут на понятном станкам языке только один раз и хранят ее на электронных носителях.

Суть подготовки производства заключается в том, что в специальных программных пакетах инженеры имитируют обработку. Для этого в программу загружаются трехмерные модели станка, инструмента, оснастки, и конечно, обрабатываемого объекта. Далее в компьютерном симуляторе инженер производит обработку детали. На основе этой имитации строится программа для станка с ЧПУ.

Схема подготовки производства приведена ниже.



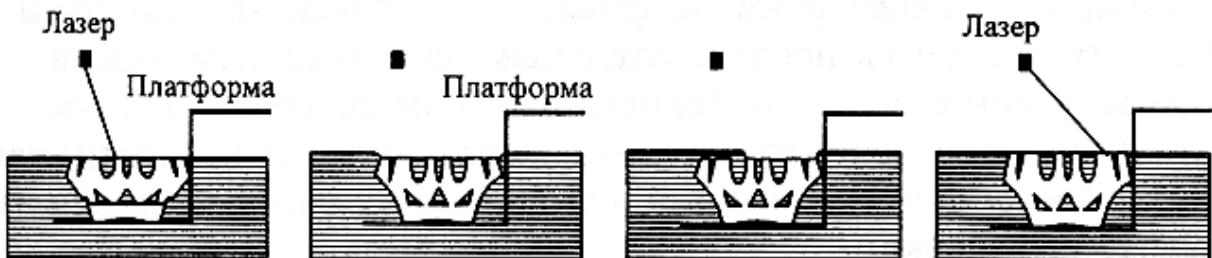
Прототипирование

В процессе разработки технических изделий широкое применение находят их физические прототипы. Быстрое прототипирование является актуальным как на этапе конструирования, так и в производственном цикле. Наличие прототипа позволяет наглядно оценить результаты геометрического моделирования, проанализировать параметры изделия, провести рекламную кампанию и исследовать рынок, использовать прототип на отдельных этапах изготовления изделия, например при литье по выплавляемым моделям. Прототип можно изготавливать различными способами.

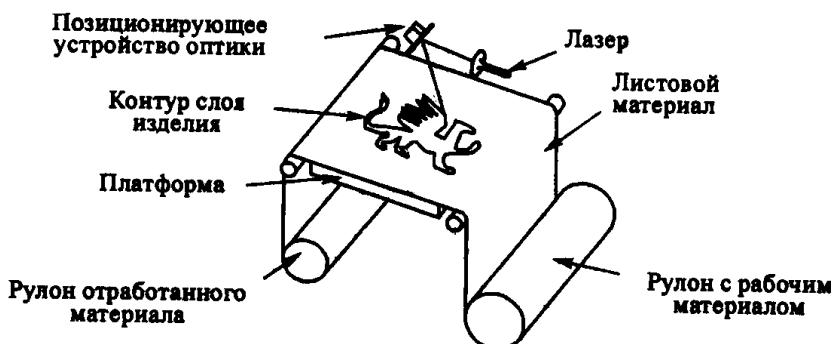
Стереолитография. В процессе обработки данных STL-файла (особенный стандарт преобразования геометрической модели для прототипирования) на стереолитографической установке геометрическая модель изделия последовательно представляется набором тонких слоев толщиной 50...150 мкм. В основе процесса стереолитографии лежит принцип послойного наращивания изделия путем полимеризации жидкого фотополимера под воздействием УФ-излучения лазера. Послойное наращивание включает в себя следующие основные этапы:

- в соответствии с очертаниями текущего контура изделия луч лазера прорисовывает очередной слой на поверхности жидкого полимера, залитого в ванну установки. Полимер отверждается только там, где прошел лазерный луч;
- платформа с формируемым прототипом погружается в полимер на толщину слоя; поверхность ванны снова покрывается тонким слоем жидкого полимера;
- лазер засвечивает следующий слой полимера и т.д. Процесс повторяется автоматически до полного изготовления прототипа.

На стереолитографической установке прототип может быть получен за несколько часов. Габаритные размеры ванн выпускаемых фирмой 3D Systems (США) установок могут достигать примерно 500 x 500 x 500 мм. Точность моделей 0,1 мм.



LOM-технология. После загрузки STL-файла в LOM-систему с помощью специального программного обеспечения этой системы геометрическая модель изделия разделяется на множество слоев по оси Z.



Установка начинает процесс наращивания изделия, подавая слой бумаги и скрепляя его с предыдущим слоем. Затем лазер вырезает контур этого слоя и размечает излишки материала. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будут построены и скреплены все слои. После этого можно удалить излишки бумаги и получить готовый бумажный прототип.

Максимальные габариты изделия: длина – до 800 мм, ширина – до 560 мм, высота – до 500 мм. Максимальная масса – до 200 кг. Система ламирования подачи бумаги имеет следующие характеристики: температура горячего валика – 70...400 °C, сжатие – до 18 кг, совместима с бумагой и другими рулонными материалами, покрытыми термочувствительным kleящим слоем, толщина материала 0,076...0,2 мм.

Печать на термопринтере. Это новейшая технология разработана совсем недавно фирмой 3D Systems (США). Принцип действия термопринтера напоминает струйный принтер, но в качестве рабочей смеси используются термополимерные материалы. Трехмерный твердотельный прототип строится последовательным наращиванием изделия в соответствии с моделью. Головка принтера содержит 352 сопла, что позволяет обеспечить очень высокое качество поверхности (300 пикселей на дюйм).

Ускоренное фрезерование прототипа из мягких материалов. Для создания прототипов способом ускоренного фрезерования (гравирования) используются сравнительно недорогие мягкие материалы типа пластмасс, твердого пенопласта, дерева и т.п. Применение этих материалов позволяет существенно сократить время фрезерования при изготовлении прототипа.

ЛЕКЦИЯ 3

- CAD
- ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Автоматизация конструирования в машиностроении (CAD)

Одним из наиболее важных этапов проектирования машиностроительных изделий является этап конструирования. Значимость его не только в том, что на этом этапе формируется концептуальный облик будущего изделия, но и в том, что именно на этапе конструирования создаются математически точные геометрические модели как отдельных деталей, так и всего изделия, которые будут играть определяющую роль на всех последующих этапах жизненного цикла изделия.

В настоящее время все существующее программное обеспечение автоматизированного конструирования принято классифицировать по функциональной полноте. По этому признаку оно условно делится на три уровня:

Программы 2D моделирования – чертежи и эскизы – самый низкий уровень.

БАЗИС-Конструктор 4.5, Графика-8 (Институт проблем управления), КОМПАС-ГРАФИК (Аскон), SprutCAD (СПРУТ-Технологии), чертежно-графический редактор APM Graph (НИЦ АПМ), CADMECH и CADMECH LT на базе AutoCAD и AutoCAD LT2000 (Интермех), T-Flex CAD LT (Топ Системы), АДЕМ (Omega Technologies) и др.

Программы 3D моделирования – средний уровень.

AutoCAD 2000 и AMD (AutoDesks), Solid Works (Solid Works), КОМПАС-3D (Аскон), Solid Edge (Unigraphics Solutions), PowerSHAPE (Delcam plc), Prelude Design (Matra Datavision), MicroStation (Bentley Systems), ГeMMA-3D (ГeMMA), T-Flex CAD 3D (Топ Системы), bCAD (ПроПро Группа), CREDO (НИЦ ACK), OceanCAD и др.

Программы сквозного моделирования – самый высокий уровень.

CATIA5 (Dassault Systemes, Франции), EUCLID3 (EADS Matra Datavision, Франция) [1], UNIGRAPHICS (Unigraphics Solutions, США) [2], Pro/ENGINEER и CADDSS5 (PTC, США).

В основе автоматизированного конструирования машиностроительных изделий лежит *геометрическое моделирование*. Для создания объемной модели изделия конструктор может воспользоваться методом трехмерного твердотельного моделирования, методом поверхностного моделирования или сочетанием этих методов в адаптивных формах.

CAD — система (программный пакет), предназначенный для создания чертежей, конструкторской, технологической документации и 3D моделей.

Геометрическое моделирование – совокупность операций и процедур, включающих формирование геометрической модели объекта и ее преобразование с целью получения желаемого изображения объекта и определения его геометрических свойств.

Твердотельное моделирование

Твердое тело – заполненная «материалом» замкнутая область пространства.

Твердое тело характеризуется:

- многогранным представлением
- историей своего создания.

Многогранное представление тела отображается в виде прозрачного или непрозрачного объема, границы которого состоят из совокупности линий ребер и поверхностей граней.

Геометрические модели твердых тел всегда математически точные. Отображение этих моделей на экране монитора осуществляется с заданной точностью и зависит от размера рабочей области, выбранного конструктором в начале сеанса работы. Рис. 3.1.

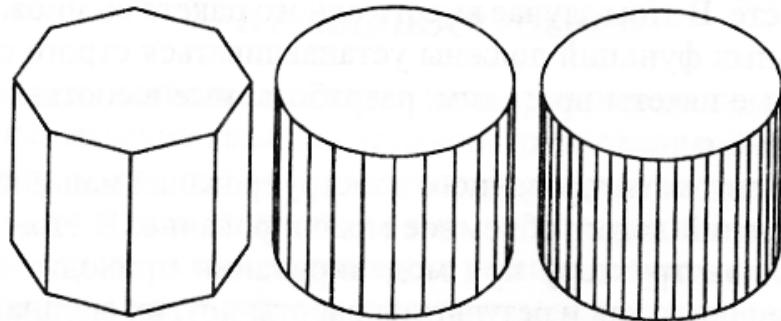
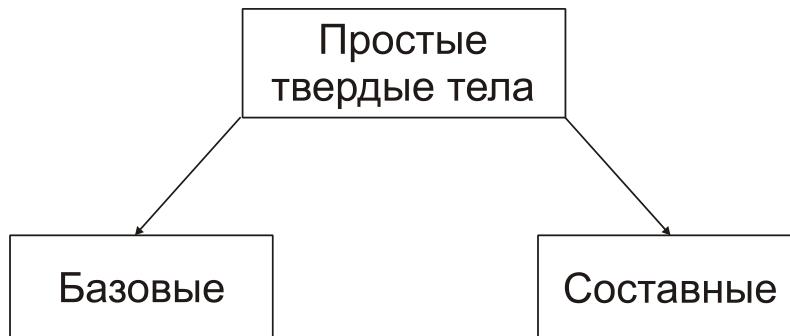
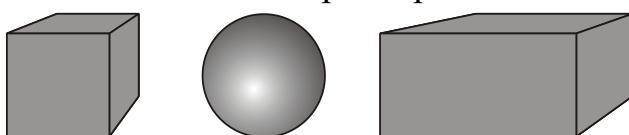


Рис. 3.1. Точность отображения цилиндра

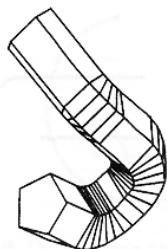
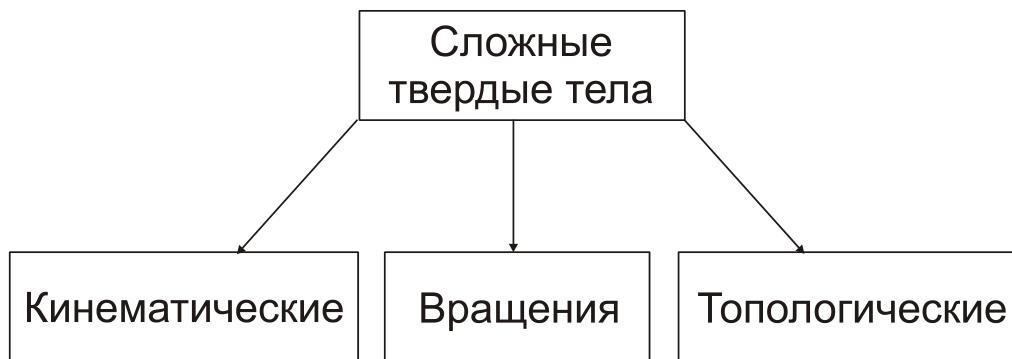


Базовые тела (твердотельные примитивы) – это параллелепипед, цилиндр, шар, конус и др.

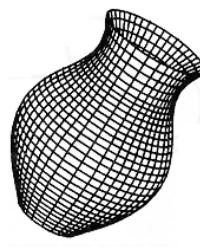
Они строятся с указанием формообразующих линий и контуров или с помощью задания значений параметров.



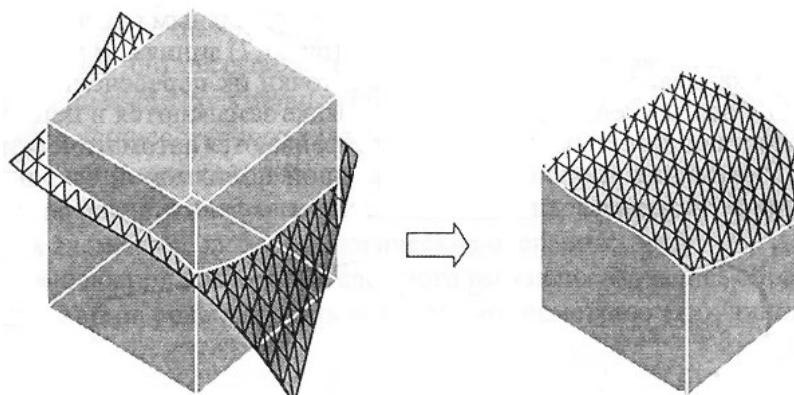
Составные тела формируются в результате топологических операций (булевы функции сложения, вычитания, пересечения) над базовыми телами. В данном случае базовые тела называют *конструктивными элементами* сложного тела



Кинематическое
тело



Тело
вращения



Топологическая операция вычитания
ограниченного плоскостью объема

Элементы построения эскизов и операции

Точка

Прямая (по двум точкам; по точке, расстоянию и углу; перпендикуляр; касательная; параллельная прямая)

Вспомогательная прямая

Окружность (по центру и радиусу; по двум точкам)

Прямоугольник (по диагональным точкам; по точке и размерам)

Дуга (по трем точкам; по двум точкам и радиусу)

Кривая Безье

Фаска

Скругление

Основные приемы построения твердых тел

Выдавливание

- Эскиз – профиль детали;
- Направление выдавливания;
- Расстояние выдавливания.

Вырезание

- Эскиз вырезаемого объема;
- Тело, из которого производится вырезание;
- Глубина вырезания.

Вращение

- Вращаемый эскиз;
- Ось вращения;
- Угол поворота;
- Тип: тонкостенная оболочка / твердое тело.

Кинематическая операция

- Образующий эскиз;
- Траектория движения образующего эскиза (прямая, кривая).

Симметричное отображение

- Отражаемый объект или группа объектов;
- Точка / прямая / плоскость, относительно которой производится отражение;
- Смещение при отражении;

Массив элементов

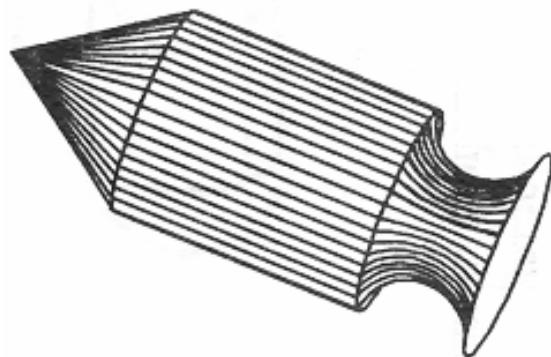
Применяется для автоматического выполнения однотипных элементов конструкции. Например, вырезания отверстий под болты.

- Повторяемый элемент;
- Число повторений;
- Смещение последующего элемента от предыдущего;
- Траектория: вдоль прямой / вдоль кривой / вдоль окружности.

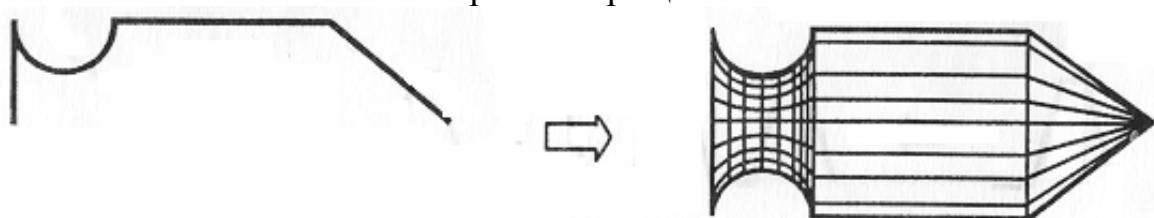
Топологическая операция

- Объект;
- Плоскость среза;

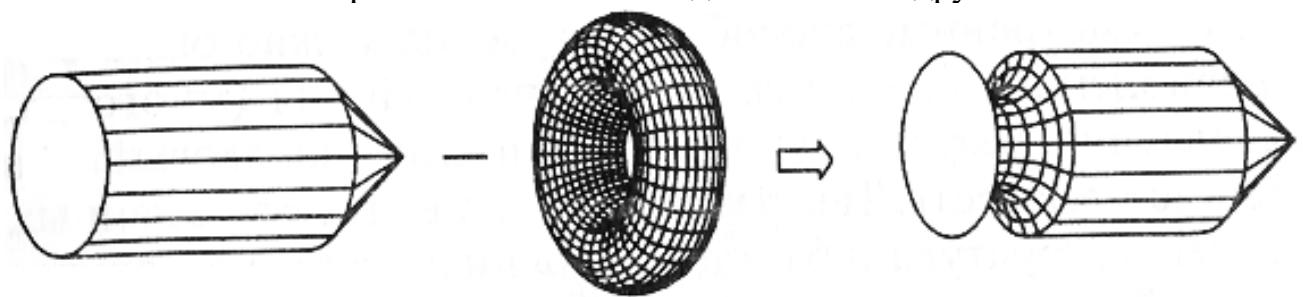
Требуется построить следующее тело



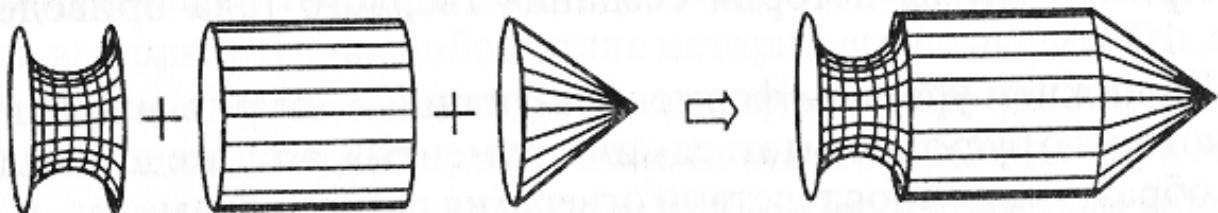
Построение вращением



Построение вычитанием одного тела из другого



Построение сложением трех тел



Рассказать о вариантах модификации твердого тела:

- Изменением эскиза тела вращения;
- Изменением операции вычитания;
- Изменением параметров составных частей.

История построения

Одной из важных характеристик твердого тела является история его создания. Содержательная часть истории создания включает описание всех элементов, используемых для построения тела, параметры и последовательность выполненных операций.

История создания имеет иерархическую структуру. На нижнем уровне размещаются геометрические примитивы (плоские или объемные), параметры примитивов.

На всех последующих уровнях могут размещаться сборки тел, полученные в результате преобразований над объектами нижнего уровня, а также промежуточные результаты топологических операций над отдельными конструктивными элементами.

На верхнем уровне истории создания всегда находится результирующее тело (например, деталь) или сборка результирующих тел (например, узел или агрегат).

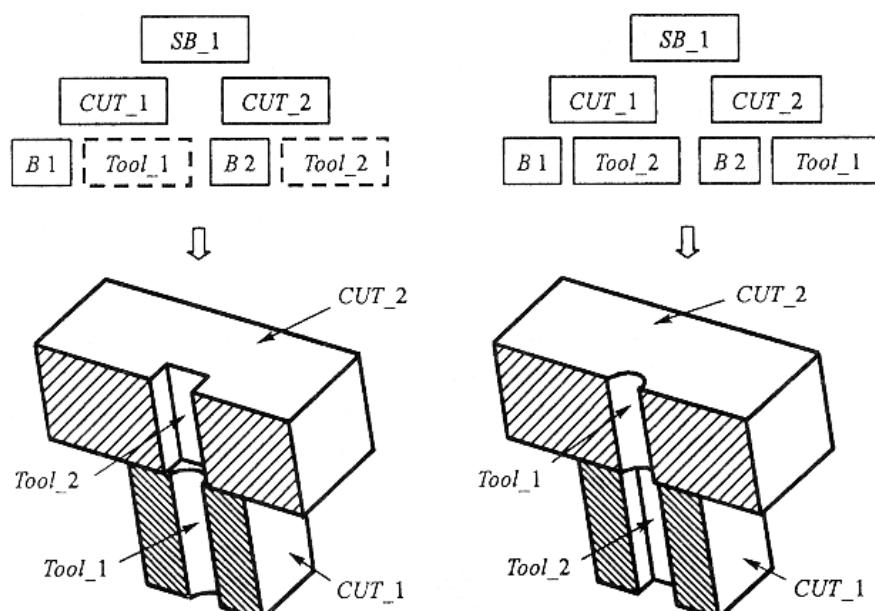
История создания твердого тела содержит:

- граничное представление всех конструктивных элементов,
- параметры объектов
- названия объектов.

Выделение самостоятельных геометрических моделей конструктивных элементов производится копированием прямо из истории создания. Это дает возможность быстрого доступа в любых моделях сложных тел, к любым промежуточным результатам и использования их при построении новых тел, а также позволяет организовать коллективный доступ к результатам работы многих конструкторов в едином проекте, не создавая дополнительных (резервных) копий всех конструктивных элементов.

Кроме самой геометрии в истории создания хранится описание каждой операции в хронологическом порядке их выполнения, которые можно редактировать прямо в дереве истории создания.

Модификация объекта путем изменения истории построения. SB_1 – тело, состоящее из двух призм CUT_1 и CUT_2 и двух операций вычитания B1 и B2 сечений Tool_1 и Tool_2.



Проблемы при выборе варианта построения

Из вышеизложенного видно, что тело **сложной формы можно построить несколькими различными способами**. Все рассмотренные способы построения можно было бы считать равноценными, учитывая, что внешний вид результирующего тела всегда одинаковый. Однако внешний вид – это далеко не главное. И при моделировании следует иметь в виду следующее.

1. Следует выбирать наиболее простой способ построения конечного тела, т.е. с использованием меньшего числа операций. Т.е. *история построения* должна быть как можно меньше и проще. Известно, что чем сложнее система, тем менее она надежна, и тем больше вероятность возникновения ошибки. Кроме того, это облегчит исправление модели.
2. Иногда заранее предугадать нужный вариант невозможно. Правильное решение приходит в результате проектирования. Здесь важен личный опыт конструктора. Например, было построено очень сложное тело, было выполнено несколько тысяч операций. И вот на завершающей стадии необходимо построить последнее скругление. Однако программа не может его построить. Причина может заключаться в том, что самое первое базовое тело было построено вращением, а не выдавливанием. Таким образом, вся проделанная работа пошла на смарку. Конечно, это скругление можно построить обходным путем, но это требует лишних усилий, а успех не гарантирован.
3. Следует иметь в виду, что построенная твердотельная модель в дальнейшем используется для различных расчетов, например при статическом конечно-элементном анализе. При создании конечноэлементной сетки удобно пользоваться встроенными в пакет средствами разбивки. Однако они могут отказаться работать, если твердотельная модель будет выполнена не так, как того требуют средства разбивки. Вернемся к предидущему замечанию. Допустим скругление мы построили обходным путем, это дало возможность получить чертежи детали. Но вот при разбиении детали на конечные элементы возникает проблема разбивки в месте перехода от основной части модели к искусственно приделанному скруглению. В этом случае придется заново строить твердотельную модель.

Параметризация

В твердотельном моделировании реализованы два режима создания объектов – режим адаптивной (свободной) параметризации и режим принудительной параметризации.



В режиме адаптивной параметризации конструктор создает модель изделия без первоначальных позиционных ограничений на ее конструктивные элементы. Адаптивная параметризация позволяет быстро и оперативно вносить изменения в модель, активизируя необходимые параметры элементов конструкции. Конструктору предоставляется возможность в результате оперативного редактирования просмотреть различные варианты и вернуться к первоначальному варианту, при этом нет необходимости беспокоиться о потере последовательности данных построения. На любом этапе модель может быть модифицирована, проанализирована и выбран окончательный вариант.

Принудительная параметризация предполагает описание арифметическими выражениями или отношениями совокупности связанных друг с другом геометрических элементов конструкции. Любой параметр геометрического элемента можно представить его значением, или переменной, или выражением. Если параметризованные контуры и модель детали были сохранены в базе данных, модификация любого из них повлечет за собой соответствующее автоматическое редактирование другого, так как они связаны взаимными ссылками. Поэтому любое изменение параметров математических выражений в параметрических контурах и далее к формированию новой версии детали. В свою очередь, вслед за изменением параметров в исходных параметрических контурах произойдет автоматическое изменение формы детали.

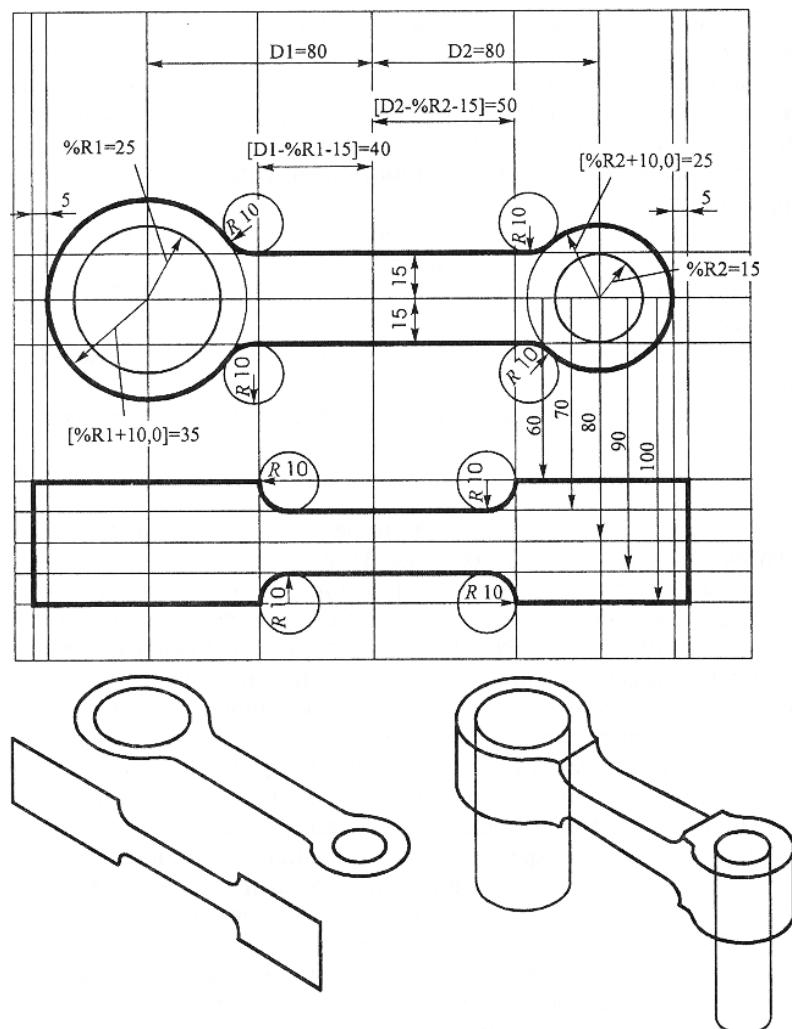


Рис. Принудительно параметризованная модель шатуна

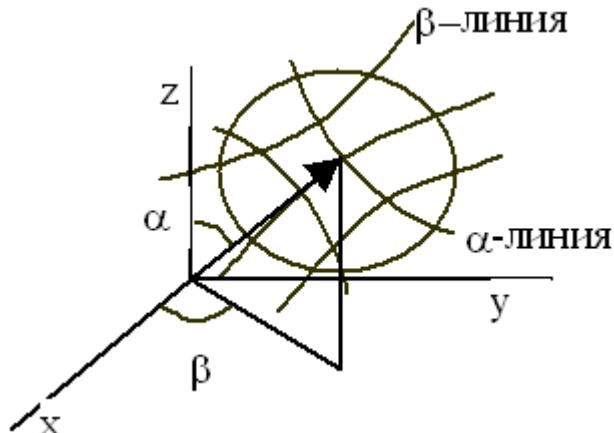
% – обозначение параметра детали.

ЛЕКЦИЯ 4

- ПОВЕРХНОСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
- ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЛИСТОВОГО МЕТАЛЛА
- СТРУКТУРА И ХРАНЕНИЕ ДАННЫХ CAD
- АНАЛИЗ БОЛЬШИХ СБОРОК

Сведения из теории поверхностей

Задание поверхности



Для аналитического задания поверхности можно использовать несколько способов.

$$\begin{aligned}z &= f(x, y) \text{ -- явная форма} \\f(x, y, z) &= 0 \text{ -- неявная форма.}\end{aligned}$$

И явная и неявная форма редко используются в теории поверхностей. Удобнее оказывается параметрическая форма.

$$\begin{cases}x = x(u, v) \\y = y(u, v) \\z = z(u, v)\end{cases} \quad \vec{r} = \vec{r}(u, v)$$

u, v - два независимых параметра, в качестве которых можно использовать различные величины.

Если при фиксированном значении параметра v менять значения параметра u , то конец радиус-вектора прочертит на поверхности некоторую линию, назовем ее u -линией. При фиксированном значении u , меняя v можно получить другую линию (v -линию). u, v -линии могут играть роль координат, сетка этих линий вполне определяет поверхность. Наиболее удобно, если образующие линии взаимно ортогональны.

Нормальное сечение и кривизна

В любой неособенной точке поверхности можно построить касательную плоскость и провести нормаль к этой плоскости. Нормальное сечение – линия пересечения поверхности с плоскостью, проходящей через нормаль к поверхности.

Поверхностное моделирование

Поверхностное моделирование с различной степенью полноты реализовано только в программах системах верхнего уровня: CATIA5, EUCLID3, UNIGRAPHICS, Pro/ENGINEER.

Оно предназначено для создания объектов сложной формы, таких, как:

- поверхности деталей внешнего вида (самолеты, автомобили, бытовая техника);
- для проектирования изделий, изготавляемых штамповкой, и оформляющих элементов прессформ и штампов;
- для проектирования изделий, изготавляемых литьем, и их литьевых форм.

Поверхностное моделирование изделий **позволяет**:

- достоверно представить изделия сколь угодно сложной формы;
- точно рассчитать инерционно-массовые характеристики проектируемых изделий;
- проконтролировать взаимное расположение деталей, их собираемость;
- готовить управляющие программы для станков с ЧПУ. Изготовление таких деталей может выполняться, как правило, на оборудовании с 3- и 5-координатным управлением.

Деталь, построенная методами поверхностного моделирования, представляется *пустотелой оболочкой* – «поверхностью» (surface), состоящей из большого числа элементарных участков – «патчей» (patch – лоскут, патч). Два понятия – *топологическая поверхность* и *патч* – являются основными понятиями поверхностного моделирования.

Поверхность является одним из типов геометрических моделей наряду с телами и адаптивными формами (см. ниже).

Поверхность – граница двух полупространств, на которые она делит рабочее пространство.

Математически поверхность – это множество точек, координаты которых удовлетворяют системе уравнений

$$X=X(U,V), \quad Y=Y(U,V), \quad Z=Z(U,V),$$

где U, V – параметры (координаты вдоль образующих линий).

Замкнутые и незамкнутые поверхности могут участвовать в топологических операциях.

Геометрические модели поверхностей являются аналитическими и в отличие от тел имеют единственное представление в структуре данных. Поверхности не имеют истории создания. Точность отображения поверхностей на экране монитора регулируется коэффициентом полигонизации.

В программах обычно представлены два типа участков поверхностей – *базовые* (или *точные*) и *свободные*. Различия определяются способом их формообразования.

Необходимо подчеркнуть, что деление участков поверхности на точные и свободные не означает, что свободные поверхности не могут быть точно изготовлены.

	Точные участки поверхности	Свободные участки поверхности
Как строятся	строятся на основе генераторов (линейчатые участки, поверхность вращения, параллелепипед, цилиндр, сфера, призма, конус, тор).	Строятся на основе алгоритмов: поверхности Безье, B-spline и др. Качество результата чаще оценивается дизайнером визуально.
Как используются	для создания конструктивных элементов на сложных деталях и конструктивных элементов деталей, аналогичных построенным методом твердотельного моделирования.	для формирования видовых деталей (дизайна изделия), так и для построения сложных сопряжений на деталях, где обычные подходы не позволяют получать удовлетворительные результаты.

Над поверхностями могут выполняться сопряжения и топологические операции (сложение, вычитание, выделение части). При выполнении топологических операций над поверхностями результат может отличаться от результата аналогичных операций над телами. *Поверхности можно преобразовать в тела или в адаптивные элементы.*

Поверхности могут быть *проанализированы на топологию* (контроль дефектов), при этом могут быть точно рассчитаны их геометрические и инерционно-массовые характеристики (объем, масса, моменты инерции, площадь поверхности и др.).

Построение изделий методами поверхностного моделирования *имеет определенные преимущества:*

- многоэлементные поверхности могут обрабатываться как единые геометрические элементы (топологические поверхности);
- пересечения и топологические операции выполняются над поверхностью как над единым объектом;
- поверхности автоматически обрезаются при сопряжении или объединении;
- одну поверхность можно объединять с другими многоэлементными поверхностями;
- по заданной поверхности может быть построена сетка конечных элементов.

Кривые. Для построения кривой необходимо создать определенное количество точек. Ломаная линия, соединяющая заданные точки, называется *дескриптором кривой*, а точки – *вершинами дескриптора*.

Очередность создания вершин дескриптора задает направление кривой. Количество вершин в дескрипторе задает класс кривой. Порядок кривой – это количество отрезков в ее дескрипторе. Первая вершина дескриптора является начальной точкой кривой, а последняя вершина – конечной точкой. Кривая должна быть касательна к первому и последнему отрезкам дескриптора в начальной и конечной точках соответственно. Положение точки на кривой задается параметром U . Существуют несколько типов кривых, такие, как кривые Безье, B-spline и эквидистанты, которые различаются методами построения.

Кривая Безье. Кривая Безье, которая формируется по дескриптору, состоящему из трех вершин. В начальной точке кривой $U=0$, в конечной точке – $U=1$. Для определения положения третьей точки нужно соединить середины отрезков дескриптора и найти середину полученного отрезка. В этой точке параметр $U = 0,5$. Можно построить аналогичным образом еще несколько точек на различных расстояниях вдоль отрезков, пока не начнут вырисовываться очертания кривой.

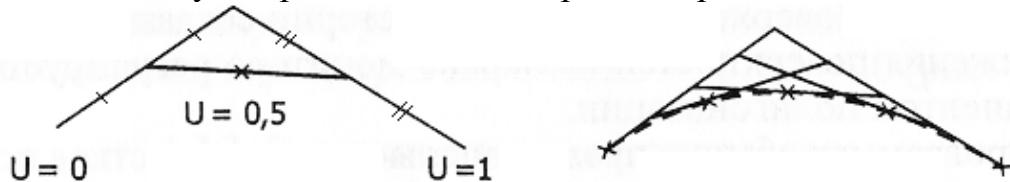


Рис. кривая Безье третьего класса, второго порядка.

Кривая типа B-spline. B-spline – это непрерывная последовательность кривых третьего порядка. В граничных точках кривые имеют общие касательные. B-spline определяется одной линией – дескриптором. Отрезки дескриптора делятся следующим образом:

- первый и последний отрезки не делятся;
- второй и предпоследний делятся пополам;
- промежуточные делятся на три отрезка.

Новые точки на отрезках соединяются и образовавшиеся отрезки делятся пополам. Середины являются точками сопряжения кривых Безье, а каждая кривая Безье строится описанным ранее способом.

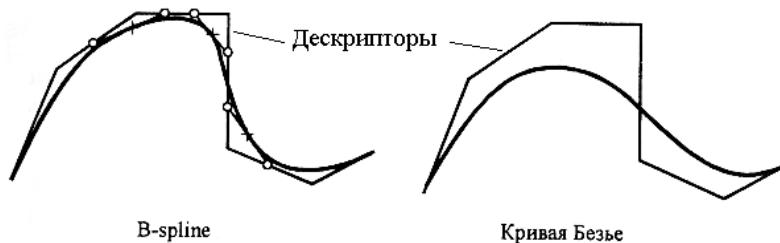


Рис. B-spline и Кривая Безье, построенные по одинаковым дескрипторам

Патчи поверхности. В программных системах верхнего уровня встречаются различные виды патчей. Несколько их видов: ограниченные патчи, патчи поверхностей вращения и эквидистантные патчи.

Ограниченный патч – патч, сформированный тремя или четырьмя граничными кривыми.

Патч поверхности вращения – это аналитически точный патч, построенный с использованием образующей поверхности вращения. В качестве параметров выступают ось и угол поворота образующей (так же как и для модели твердого тела), а не дескриптор.

Эквидистантный патч – патч, построенный по ранее созданному патчу на заданном расстоянии по нормалям в каждой точке. Эквидистантный патч не имеет своего дескриптора.

Патч поверхности Безье. Геометрическое место точек, принадлежащих кривой Безье в процессе ее перемещения вдоль другой кривой Безье. Совокупность дескрипторов кривых Безье называется дескриптором патча Безье. Каждая точка на патче поверхности Безье совпадает с точкой пересечения изопараметрических кривых с заданными значениями параметров U и V.

Патчи NURBS поверхности. NURBS (Non Uniform Rational B-spline) – патч, имеющий ту же структуру, что и патч поверхности вращения, а отображается, как патч Безье. Патчи NURBS поверхностей могут иметь элементы – патчи Безье порядка больше 9 и патчи B-spline.

Топологии. В поверхностном моделировании модифицируется только структура связности патчей поверхности. Патчи поверхности могут как объединяться в одну поверхность, так и разбиваться на части. Из поверхности можно удалить часть ее патчей. В процессе модификации поверхности могут быть разрезаны, разбиты, сглажены, сопряжены. Форму патча можно изменить путем редактирования положения вершин его дескриптора.

Адаптивные формы

Объемное моделирование с помощью адаптивных форм является промежуточной формой между твердотельным и поверхностным моделированием. Адаптивные формы сохраняют историю своего создания и могут участвовать в топологических операциях как тела, а также могут быть незамкнутыми, как поверхности.

Адаптивные формы делятся на базовые и составные. Строятся они аналогично телам. Созданные ранее тела и поверхности могут быть преобразованы в адаптивные формы.

Над адаптивными формами могут производиться топологические операции:

- Объединение двух или группы элементов. В случае пересечения незамкнутых адаптивных форм результат объединения всегда можно выбрать.
- Вычитание одной адаптивной формы из другой.
- Пересечение между двумя адаптивными формами с одновременным скруглением получаемой общей части.
- Соединение двух незамкнутых адаптивных форм с общей границей. Способы модификации адаптивных форм.

Существует несколько способов редактирования адаптивных форм:

- изменение геометрии – модификация геометрических примитивов или топологических операций путем обращения к истории создания и редактирования параметров базовых геометрических примитивов или образующих линий;
- изменение топологии – изменение типа топологических операций и сопрягающих радиусов. В этом случае можно изменить тип топологической операции между двумя адаптивными формами и радиус скругления, но нельзя редактировать составные адаптивные формы;
- изменение сопряжений – создание или редактирование сопрягающих радиусов у адаптивных форм;
- изменение структуры – удаление, замена или извлечение геометрических примитивов из адаптивных форм. Можно модифицировать историю создания путем удаления примитивов или замены одних форм другими;
- изменение положения – изменение положения геометрических примитивов в адаптивной форме (расстояния от ссылочной точки, угла наклона по отношению к ссылочной плоскости, расположения осей).



Проектирование изделий из листового металла

Современной тенденцией автоматизированного проектирования машиностроительных изделий является стремление к повышению уровня автоматизации процесса проектирования путем использования научных знаний и опыта, накопленного при разработке специализированных изделий. Примером такого подхода является специализированная подсистема конструирования деталей из листового металла.

Аналогичные подсистемы существуют для проектирования штампов, кокилей для заливки металла, пресс-форм и др. Покажем особенности конструирования машиностроительных изделий на примере подсистемы «Проектирование изделий из листа».

Специализированная подсистема проектирования деталей из листового металла является средством для создания объемной геометрической модели детали и ее автоматической развертки с учетом особенностей процессов изготовления: резанием, вырубкой, штамповкой (без глубокой вытяжки).

При создании модели детали автоматически проводится деформации изгиба, кручения, прессования, штамповки, подсечек, образования выемок, ребер жесткости и других элементов.

С помощью этой подсистемы конструируются гнутые детали, состоящие из нескольких связанных элементов, каждый из которых определяется специфической трансформацией листа.

Проектирование детали включает:

- выбор материала листа из библиотеки материалов, которая содержит механические свойства материалов. Система использует эти механические свойства в процессе создания элементов детали;
- выбор или задание формулы вычисления длины среднего слоя гибов элементов детали в зависимости от способа изгиба (оборудования);
- полуавтоматическое определение геометрических элементов, при котором учитываются характеристики и пределы деформации материала;
- автоматическая развертка детали;
- преобразование детали в твердотельную модель для проверки ее компоновки в конструкции изделия.

Логическая структура детали из листа является древовидной: каждая ветвь дерева соответствует элементу, определяемому пользователем. Корнем дерева является фиксированная часть детали (основание), относительно которой выполняется развертка.

Элементы делятся на три категории:

- элементы, присоединяемые по внешнему контуру других элементов. Присоединяемые элементы могут определяться либо контурами, либо заданной деформацией, такой, как изгиб или кручение, и получаются в результате вычисления;
- дополнительные элементы, которые могут размещаться только внутри или по периметру ранее созданных элементов;
- элементы, конструируемые пользователем, – нестандартные элементы, для создания которых используются средства данной подсистемы, и элементы, созданные пользователем в своей прикладной программе.

Вычисление гибов развернутой детали. Для вычисления развернутой длины гиба (изогнутого участка детали из листа) используют один из двух подходов:

- интерактивный – применяют одну из формул, предусмотренных в подсистеме, с возможной коррекцией значения коэффициента;
- программный – записывают программу, которая выполнит необходимые вычисления.

Способы отображения детали. На любом этапе конструирования можно отобразить деталь либо согнутой, либо развернутой, управляя способом отображения:

- отображение контуром или листом позволяет получать реальное представление о детали из листа, либо запросить упрощенное отображение детали в виде контуров для более простой идентификации и обработки элементов;
- отображение «согнуть/разогнуть» наглядно представляет деталь в согнутом состоянии (реалистическое отображение детали в режиме 3D) либо развернутой;
- подробное или упрощенное отображение показывает полное и реалистическое представление деталей. Частичная детализация отображает только размещение элементов на детали.

Структура и хранение данных

Организация хранения и доступа к информации в САПР составляют отдельную проблему.

Отметим, что в пакетах нижнего и среднего уровней в основном реализована файловая структура данных. В пакетах верхнего уровня для хранения и последующей обработки информации объектов проектирования используются внутренние или внешние базы данных.

База данных – это вся совокупность информации об объекте проектирования. Структура данных представляет собой текущую информацию сеанса работы. Временная информация из структуры данных может быть сохранена пользователем в базе данных.

Объектами проектирования являются результаты отдельных этапов проектирования – геометрические модели, аналитические расчеты, технологические операции и процессы. Структуры баз данных в системах верхнего уровня, их логическая и физическая организация различны.

База обеспечивает одновременный доступ к структурам данных проекта с рабочих мест участников работ над проектом: дизайнеров, конструкторов изделия, расчетчиков, инженеров оснащения, технологов.

С момента первого сохранения объекта в базе данных участники могут использовать в своей работе результаты проектирования и при необходимости влиять на процесс проектирования. Таким образом, согласование конструкции идет параллельно с проектированием. Конструктор оснащения также начинает свою работу, не дожидаясь окончания проектирования. Например, как только готов общий вид детали, можно выбрать размер плиты пресс-формы, определить тип, гнездность, ввести при необходимости дополнительные элементы (подвижные элементы, дополнительные плиты). Когда будет закончена конструкция детали – закончить проектирование формообразующих элементов пресс-форм.

Созданные объекты, как сами детали, так и оснащение, используются при оформлении и выпуске конструкторской документации.

База данных обеспечивает формирование структуры изделия путем организации ссылок на ранее созданные объекты. Например, если деталь входит в несколько узлов, то ее модель не размножается, а формируются ссылки на эту деталь. По созданным сборкам может быть выполнено документирование изделий. Причем формы документов (спецификации, ведомости материалов и др.) могут быть представлены в том виде, который принят на предприятии, и/или приведены к форматам, пригодным для передачи в другие автоматизированные системы.

В случае изменения объектов система отслеживает ссылки в базе данных и информация обновляется в сборках и машинном представлении документов. Если внесенные изменения не выполнимы (например, вследствие некорректного использования какой-либо функции), всегда остается возможность вернуться к любой из предыдущих версий модели.

Объекты в базе данных сохраняются под своим именем, с номером версии и расширением. При сохранении объекта после модификации создается новая версия объекта. Нужную версию всегда можно восстановить.

Анализ больших сборок

Выше затрагивались вопросы разработки геометрической модели отдельной детали. Группу деталей можно логически объединить в узел или сборочную единицу. *Под логическим объединением* понимается возможность выполнения операции над такой группой деталей («сборкой») так же, как над одной деталью, без объединения их в составное тело. В свою очередь, несколько сборочных единиц можно логически объединить в агрегат, а агрегаты – в изделие. Так создаются объемные геометрические модели сложных изделий, например станка, автомобиля и др.

Модели сложных изделий, в которых может объединяться до нескольких десятков тысяч элементов, требуют значительных ресурсов компьютера. В системах верхнего уровня предусмотрены специальные приложения визуализации и анализа таких изделий. Эти среды позволяют использовать математически точные модели изделия, упрощая их представление в структуре данных. В результате создается новый геометрический объект – «большая сборка», который может использоваться для изменения его конструкции путем топологических операций, проверки связности сборки или измерения параметров и характеристик (объем, центр масс, плотность, моменты и тензоры инерции и др.).

Для динамического контроля сборки сложных изделий в комплексных системах сквозного проектирования разработана специализированная среда. Она позволяет наглядно представить пространственную компоновку всех элементов «большой сборки». В режиме анимации есть возможность проследить последовательность сборки, оценить коллизии и перемещение всех деталей механизмов.

ЛЕКЦИЯ 5 +ПРОЕКТОР

- **ДЕМОНСТАРЦИЯ СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**
- **СИСТЕМЫ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**
- **КОМПАС**
- **SOLID WORKS**

Демонстрация материалов о современном производстве

В демонстрацию входят видеоматериалы о:

- современных станках с ЧПУ;
- современных станках в Брянской области (БМЗ, КАЗ, НЦВТ-БГТУ);
- прототипировании.

Наиболее известные системы твердотельного моделирования

Компас
Solid Works
AutoCAD
T-Flex

Компас

Сейчас версия 11

КОМПАС — система автоматизированного проектирования, разработанная российской компанией «АСКОН» с возможностями оформления проектной и конструкторской документации согласно стандартам серии ЕСКД и СПДС.

Существует в двух версиях: КОМПАС-График и КОМПАС-3D, соответственно предназначенных для плоского черчения и трёхмерного проектирования.

КОМПАС-График может использоваться как полностью интегрированный в КОМПАС-3D модуль работы с чертежами и эскизами, так и в качестве самостоятельного продукта, полностью закрывающего задачи 2D-проектирования и выпуска документации.

Система ориентирована на поддержку стандартов ЕСКД и СПДС. КОМПАС-График автоматически генерирует ассоциативные виды трёхмерных моделей (в том числе разрезы, сечения, местные разрезы, местные виды, виды по стрелке, виды с разрывом). Все они ассоциированы с моделью: изменения в модели приводят к изменению изображения на чертеже.

Стандартные виды автоматически строятся в проекционной связи. Данные в основной надписи чертежа (обозначение, наименование, масса) синхронизируются с данными из трёхмерной модели.

Существует большое количество дополнительных библиотек к системе КОМПАС, автоматизирующих различные специализированные задачи.

Типы файлов

Программа предназначена для работы с файлами следующих типов.

Работа с конструкторской документацией

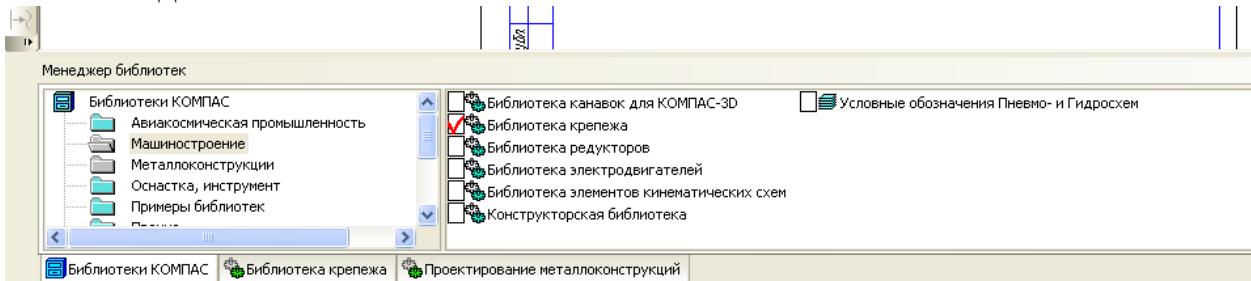
- **ЧЕРТЕЖ (*.cdw)** – изображение детали или сборочной единицы (узла, агрегата, изделия) на плоскости с обозначением размеров и т.п.
- **ФРАГМЕНТ (*.frw)**. То же самое, что и чертеж, но выполняемый без рамки и основной надписи. Фрагмент может быть вставлен в чертеж.
 - Используется в том случае, когда требуется просто построить какое-либо изображение, например, для графического решения геометрической задачи и т.п. В этом случае рамка не нужна и только отвлекает.
 - Иногда сразу неизвестно, какой масштаб потребуется для того, чтобы чертеж влез в пределы рамки листа стандартного формата. Чтобы не думать об этом, сначала строится чертеж объекта в натуральную величину. Это также избавляет от постоянного пересчета размеров в соответствии с масштабом. Потом данный фрагмент вставляется в файл чертежа и уменьшается до тех пор, пока не влезет в рамку. Определенный таким образом масштаб указывается в основной надписи. При этом размеры, отклонения геометрической формы и т.п. рекомендуется указывать уже после уменьшения (иначе после уменьшения они могут налезать друг на друга).
- **ТЕКСТОВЫЙ ДОКУМЕНТ (*.kdw)** – текстовые файлы используются для написания пояснительной записки к проекту. При этом набранный текст автоматически помещается в стандартную рамку. При наборе данных можно выбрать тип отображения спецификации: или просто в виде непрерывной таблицы, или в виде стандартных листов с рамкой, на которых размещены таблицы спецификации.
- **СПЕЦИФИКАЦИЯ (*.spw)** – файл, содержащий спецификации и позволяющий автоматически помещать таблицы в стандартную рамку.

Твердотельное моделирование

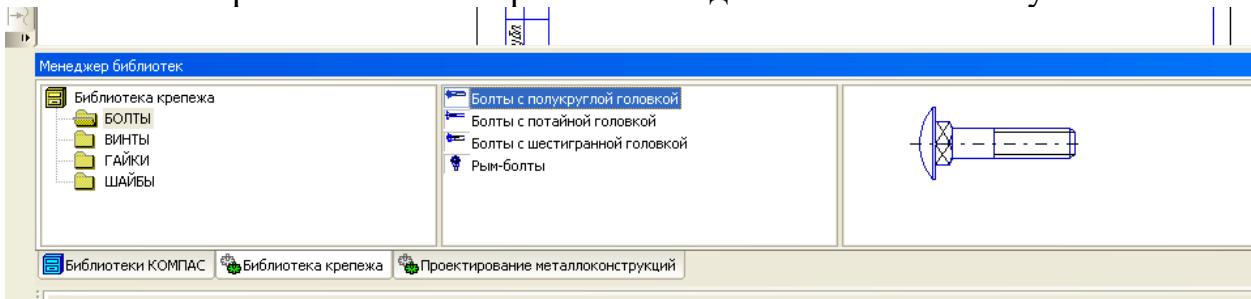
- **ДЕАЛЬ (*.m3d)** – Трехмерная модель детали машины или элемента конструкции. Деталь не должна иметь разрывов или соединений.
- **СБОРКА (*.a3d)** – Трехмерная модель нескольких деталей или элементов, образующих единое целое. Сборка состоит из описания деталей и их взаиморасположении друг относительно друга.

Библиотека

При работе над проектом все чертежи или детали либо строятся вручную, либо добавляются из библиотеки готовых элементов. Запуск менеджера библиотек осуществляется с помощью меню **Сервис/Менеджер библиотек**. В появившемся окне двойным щелчком открываем нужную библиотеку. Библиотека открывается в отдельной вкладке.



Щелкаем по вкладке и выбираем требуемый объект. Потом щелкаем мышкой в любой области чертежа или геометрической модели и появляется нужный элемент.



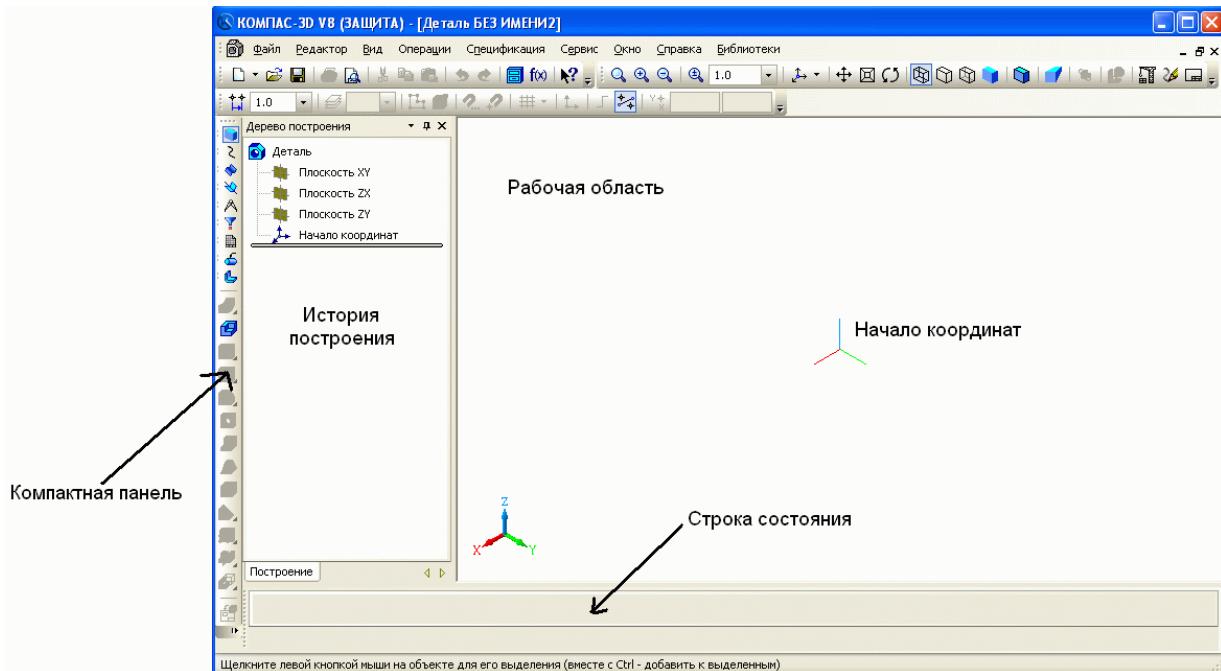
Среди полезных для нас библиотек можно выделить:

- **Машиностроение/Библиотека крепежа** (3D-модели и плоские эскизы винтов, болтов, гаек, шайб и прочих метизов).
- **Машиностроение/Библиотека редукторов** (3D-модели и плоские эскизы стандартных редукторов общемашиностроительного применения для сборочных чертежей и общих видов).
- **Машиностроение/Библиотека электродвигателей** (3D-модели и плоские эскизы электродвигателей для сборочных чертежей и общих видов).

И др. Найти нужную библиотеку или нужный объект легко по названию.

Следует иметь в виду, что некоторые библиотеки предназначены для работы с файлами только определенного формата. Чаще всего в библиотеке хранятся эскизы объектов. При попытке вставить такой эскиз из библиотеки в файл детали или сборки Вас постигнет неудача.

Интерфейс



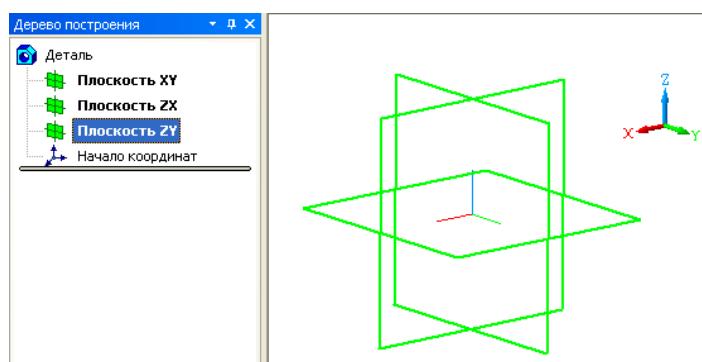
При работе снизу (над строкой состояния) появляются панели в которых пользователь вводит параметры операций.

Смысл построения детали

- **СОЗДАНИЕ З ЭСКИЗА.** Рисуется эскиз (или эскизы), а потом над этим эскизом (или эскизами) производится операция построения.
- **ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ОПЕРАЦИИ.** Уже созданное геометрическое тело несколько видоизменяется.
- **ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ.** Уже построенный участок детали отражается, повторяется несколько раз (создается массив) и т.п.

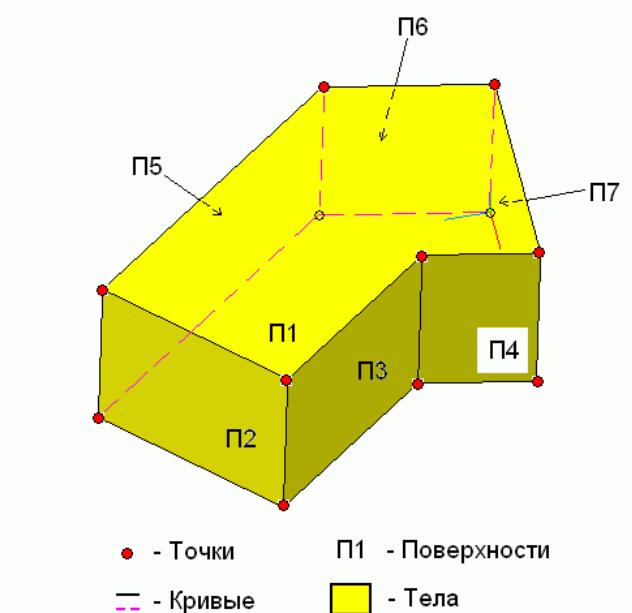
Представление о пространстве в программе

Пространство представляется тремя плоскостями проекций и началом координат. При этом для детали существует только одно начало координат. Однако для плоских чертежей можно задавать новые «локальные системы координат». Для деталей можно создавать новые «вспомогательные плоскости» - это часто используется.



Геометрические примитивы

- **ТОЧКИ** (Пересечения кривых, принадлежащие плоскостям)
- **КРИВЫЕ** (Ребра, прямые, кривые)
- **ПОВЕРХНОСТИ** (Границы, плоскости, криволинейные поверхности)
- **ТЕЛА**



Основные операции построения

- **ВЫДАВЛИВАНИЕ** – построение детали смещением эскиза перпендикулярно его плоскости.
- **ВЫРЕЗАНИЕ** – выемка материала из детали путем смещения эскиза перпендикулярно его плоскости.
- **ОПЕРАЦИЯ ВРАЩЕНИЯ** – создание геометрии путем вращения эскиза вокруг осевой линии.
- **КИНЕМАТИЧЕСКАЯ ОПЕРАЦИЯ** – создание геометрии смещением эскиза вдоль произвольной кривой, часто представляющей собой другой эскиз.
- **ПОСТРОЕНИЕ ПО СЕЧЕНИЯМ** – создание геометрии путем соединения точек, принадлежащих эскизам, лежащим в различных плоскостях.
- **ВЫЧЕТАНИЕ** – построение новой геометрической формы путем выполнения логических операций (вычитание, пересечение) над несколькими уже созданными формами.
- **ДЕТАЛЬ-ЗАГОТОВКА** – импорт в текущую модель заранее созданной модели, которая в дальнейшем будет модифицироваться.

Дополнительные операции построения

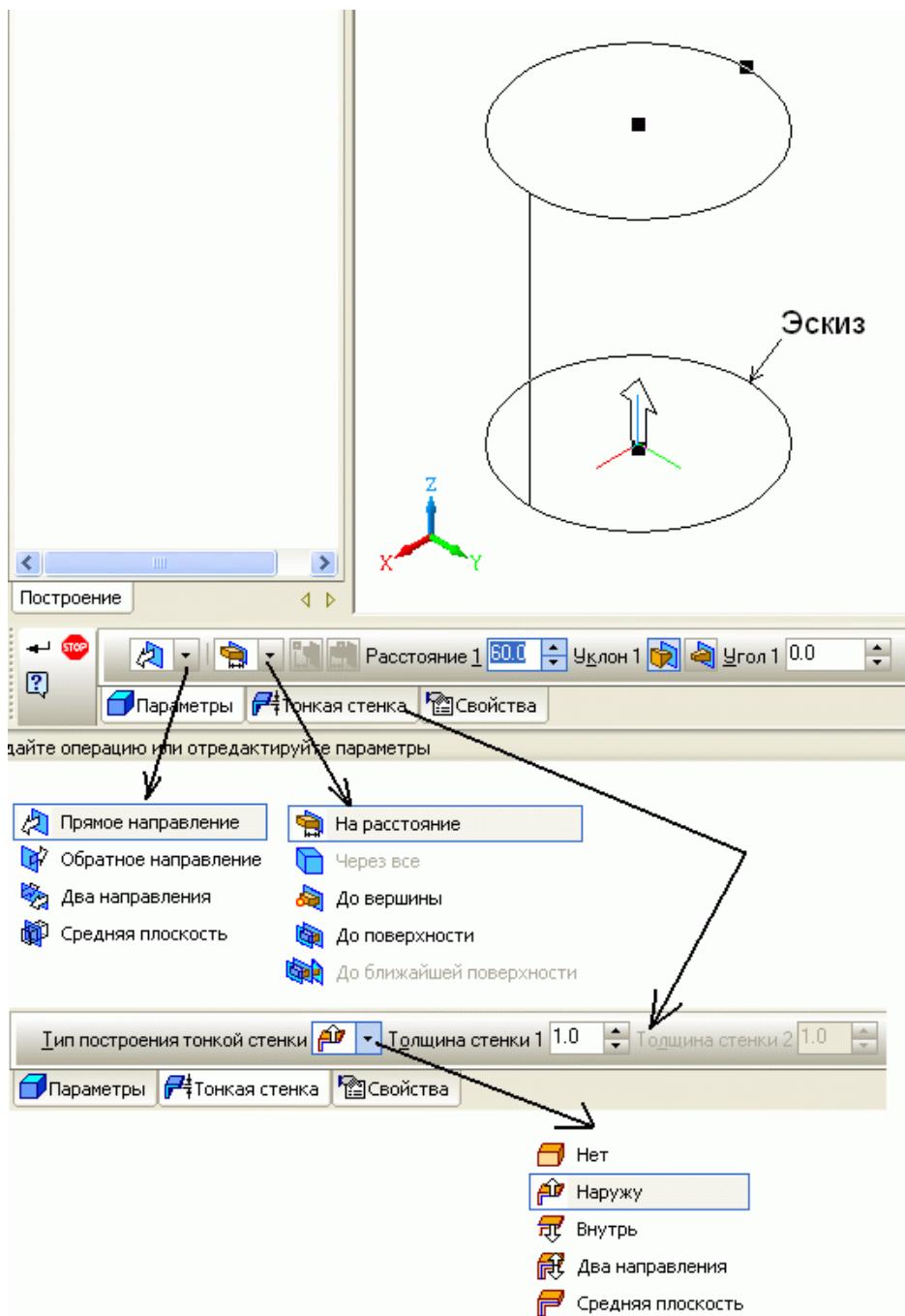
- **ОТВЕРСТИЕ**
- **РЕБРО ЖЕСТКОСТИ**
- **СКРУГЛЕНИЕ**
- **ФАСКА**
- **СЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЬЮ**
- **ОБОЛОЧКА**
- **УКЛОН**
- **УСЛОВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ РЕЗЬБЫ**

Эти операции связаны с построением технологических элементов конструкций. Сначала требуется построить базовое тело, к которому применяется такая операция. Можно обойтись без многих дополнительных операций построения. Например для тел вращения фаски и скругления можно задать на эскизе.

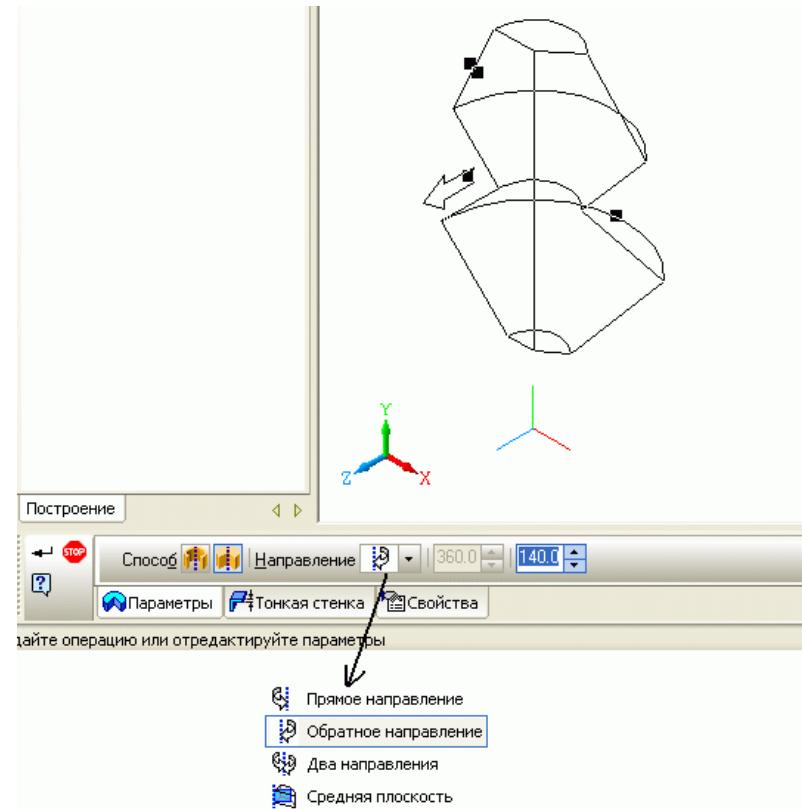
Массивы

- **МАССИВ ПО СЕТКЕ** – Многократное повторение выбранных геометрических форм со смещением вдоль осей базовой системы координат.
- **МАССИВ ПО КОНЦЕНТРИЧЕСКОЙ СЕТКЕ** – Многократное повторение выбранных геометрических форм со смещением вдоль кольцевой траектории.
- **МАССИВ ПО ТРАЕКТОРИИ** – Многократное повторение выбранных геометрических форм со смещением вдоль произвольной кривой.
- **ЗЕРКАЛЬНЫЙ МАССИВ** – Построение зеркально отраженной копии выбранных геометрических форм. При этом исходная и вновьсоздаваемая части соприкасаются.
- **ОТРАЖЕНИЕ** – Построение зеркально отраженной относительно произвольного графического примитива копии выбранных геометрических форм.

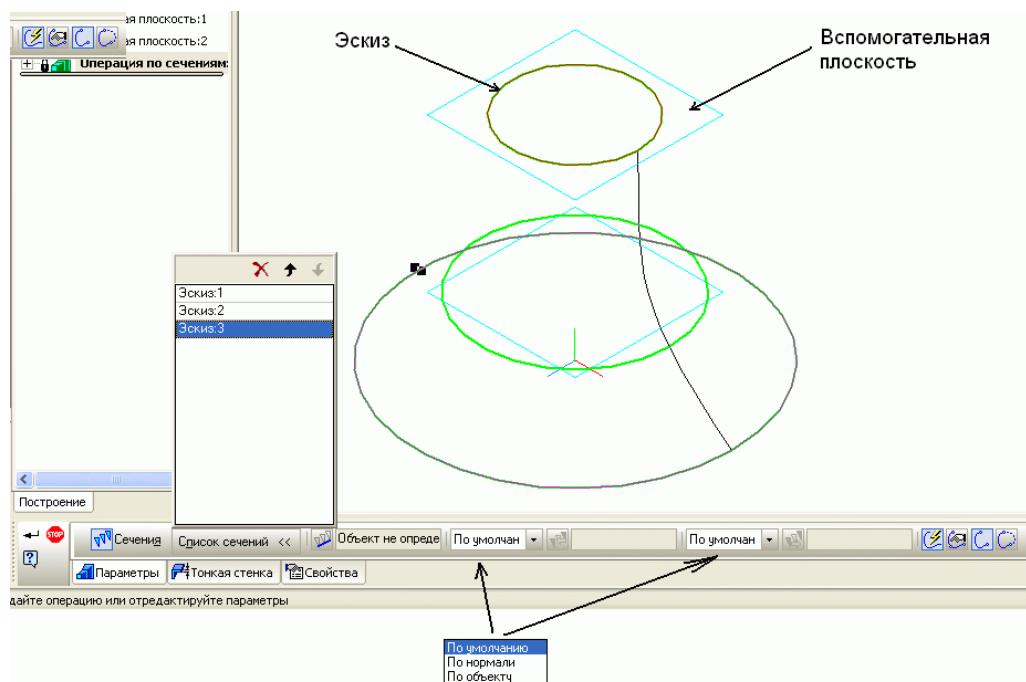
Выдавливание



Вращение



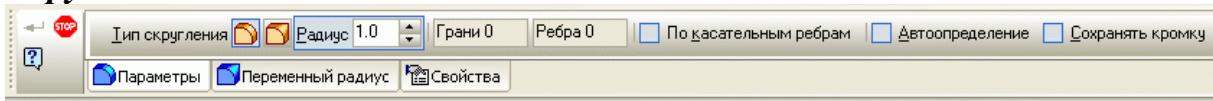
По сечениям



- Автоматическая генерация траектории
- Траектория по точкам
- Не замыкать траекторию
- Замыкать траекторию

Дополнительные операции построения

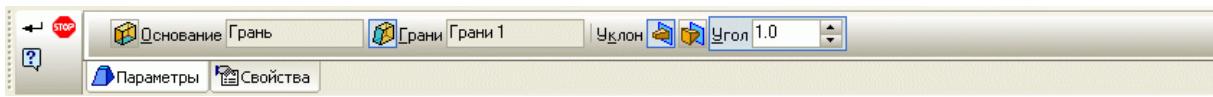
Скругление



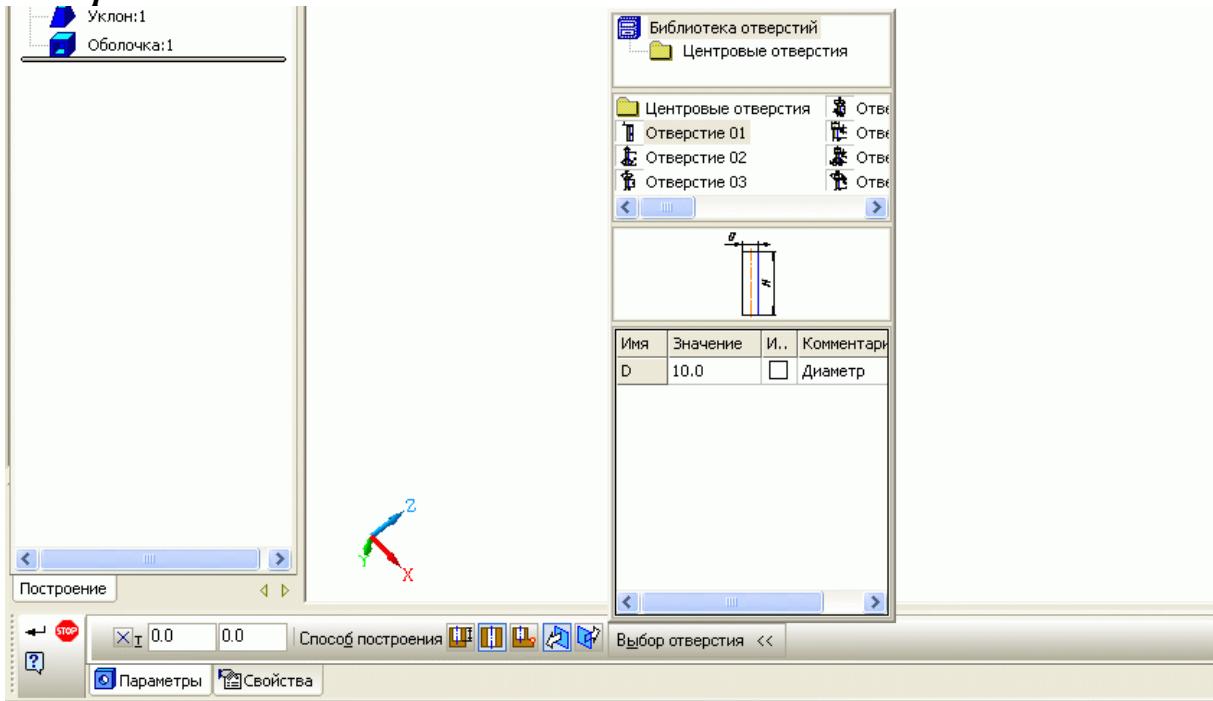
Фаска



Уклон



Отверстие



Параметры геометрии тела

Сервис\МЦХ модели

В открывшемся окне можно просмотреть характеристики построенного тела (объема, площади, массы, моменты инерции, направление главных осей инерции)

Сборка

Сборка строится достаточно просто. В файл сборки добавляются готовые модели (из файлов деталей). Далее эти детали перемещаются и поворачиваются так, чтобы они заняли требуемое положение. В этом помогают сопряжения.

Если в файле детали изменить ее конфигурацию, то эти изменения сразу же появятся на сборке. И наоборот, детали можно править прямо внутри сборки, тогда все изменения будут сохранены в файле детали.

Сопряжения на сборке

Сопряжения – кинематические ограничения, описывающие взаимосвязь отдельных элементов сборки. Эти ограничения действуют на графических примитивах, принадлежащим двум различным объектам. Каждое сопряжение может быть наложено только на два объекта.

- ▶ **ФИКСАЦИЯ** – По умолчанию первая деталь, добавленная в сборку, фиксируется. Другие детали можно фиксировать принудительно. Потом любую фиксацию можно снять.
- ▶ **КОНТРОЛЬ СОУДАРЕНИЙ** – Автоматически накладываемые сопряжения, припятствующие взаимопроникновению одних тел в другие. Эти сопряжения действуют только приведенном режиме «*контроль соударений*».
- ▶ **ПАРАЛЛЕЛЬНОСТЬ** – Расположения двух тел так, что указанные графические примитивы, принадлежащие разным телам, оказываются параллельными друг другу.
- ▶ **ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОСТЬ** – Расположения двух тел так, что указанные графические примитивы, принадлежащие разным телам, оказываются параллельными друг другу.
- ▶ **НА РАССТОЯНИИ** – Расположения двух тел так, что указанные графические примитивы, принадлежащие разным телам, оказываются на определенном друг от друга расстоянии.
- ▶ **ПОД УГЛОМ** – Расположения двух тел так, что указанные графические примитивы, принадлежащие разным телам, оказываются под определенным углом друг к другу.
- ▶ **КАСАНИЕ** – Расположения двух тел так, что указанные графические примитивы, принадлежащие разным телам, касаются в одной точке. (Контроль соударений повторяет это сопряжение).
- ▶ **СООСНОСТЬ** – Расположение двух тел так, что оси их вращения оказываются на одной оси совпадают.
- ▶ **СОВПАДЕНИЕ** – Расположения двух тел так, что указанные плоскости, принадлежащие разным телам, оказываются в одной плоскости.

SolidWorks

Сейчас версия 2009 года

Построение чертежей SolidWorks (далее – SW) похоже на Компас. Рассмотрим некоторые особенности и дополнительные средства для построения геометрических моделей, реализованные в SW.

При построении детали к любой линии на эскизе можно добавить **размерную линию**. Т.е. производится адаптивная параметризация детали. В любой момент одним щелчком можно изменить числовое значение размера, и деталь будет автоматически перестроена. Это избавляет от необходимости перерисовывать эскиз.

В SW особое внимание **уделяется внешнему облику детали**. Имеются свойства добавления текстур на геометрические объекты. Текстуры имитируют натуральный вид детали, модель становится похожа на фотографию детали. Имеются средства настройки освещения детали.

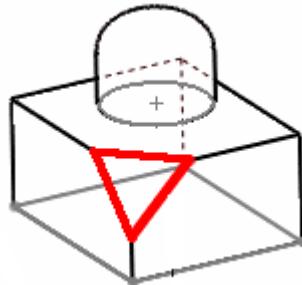
Имеются широкие возможности для изображения изделий из листового металла, сварных конструкций, литейных форм и отлитых деталей.

Имеется встроенный МКЭ-пакет COSMOSXpress. Но этот пакет слишком прост.

Трехмерный эскиз

Двумерные эскизы (вы хорошо знакомы с ними по «Компасу») строятся в одной плоскости. Но иногда требуется построить эскиз в пространстве (трехмерный эскиз).

- Например, траектория создания кинематического тела обычно не лежит в одной плоскости.
- Может возникнуть необходимость построить эскиз в произвольной плоскости (не параллельной основным плоскостям). Например, чтобы сделать срез на угле куба.



Специальные возможности

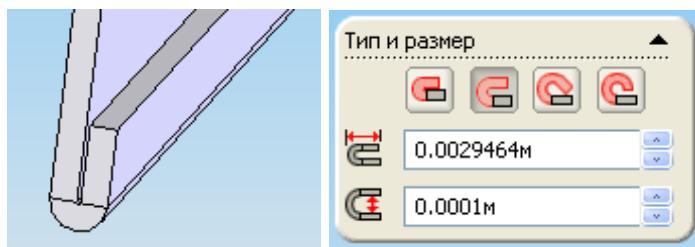
Для работы с дополнительными возможностями откройте соответствующие панели инструментов. Для этого правой кнопкой мыши щелкните в любом месте уже открытой панели инструментов, и в появившемся меню выберите нужную панель инструментов.

Листовой металл

Панель  Листовой металл

Базовая кромка – создание базовой плоскости листа. Далее от этого листа под разными углами строятся остальные плоскости согнутой детали.

Каемка – отгиб небольшой полоски металла для «затупления» острого края изделия. Можно выбрать несколько вариантов отгиба каемки и задать ее параметры. Для построения требуется выбрать кромку металла, которая будет скруглена.



Затупленный угол – в области угла кромки металла производится срез (фаска) или скругление.

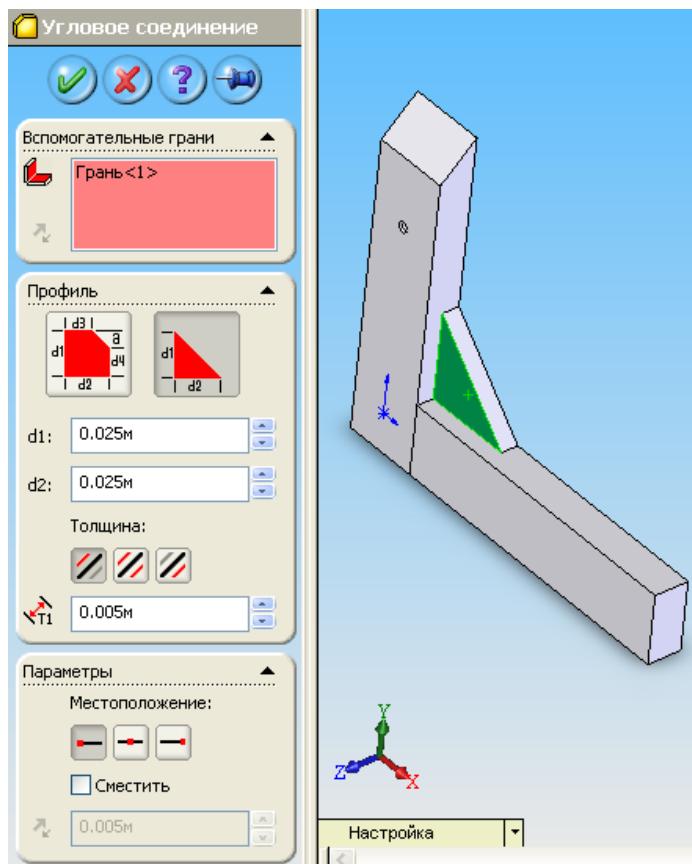


Просмотр развертки

- Нажать кнопку «Плоский» для отображения развертки. Еще раз нажать эту кнопку для возврата к согнутому виду.
- Чтобы посмотреть развертку надо в истории построения щелкнуть правой кнопкой мыши на объекте «Развертка» и выбрать в контекстном меню пункт «Высветить». Чтобы вернуться от развертки к внешнему виду детали – пункт «Погасить». На развертке будут указаны линии сгиба.

Сварные соединения и детали

Панель  Сварные детали



Литейные формы и отливки

Панель  Инструменты для литейной формы

COSMOSXpress

Надстройка используется для быстрого анализа прочности. Можно посмотреть только изокартинки напряжений. Используются квадратичные тетраэдральные конечные элементы.

Запас прочности

COSMOSXpress использует критерий максимального напряжения по Мезису для расчета распределения запаса прочности. Этот критерий точно определяет, что пластичный материал начинает растягиваться, когда эквивалентное напряжение достигает предела текучести материала. Предел текучести определяется как свойство материала. COSMOSXpress рассчитывает коэффициент запаса прочности в какой-то точке как частное предела текучести и эквивалентного напряжения в данной точке.

Интерпретация значений запаса прочности:

- Запас прочности менее 1.0 в каком-либо местоположении, указывает на то, что материал в этом местоположении перешел в состояние текучести и конструкция стала ненадежной.
- Запас прочности, равный 1.0, в каком-либо местоположении, указывает на то, что материал в этом местоположении начал переходить в состояние текучести.
- Запас прочности более 1.0 в каком-либо местоположении, указывает на то, что материал в этом местоположении еще не податлив.
- Материал в каком-то местоположении начнет становиться текучим, если применить новые нагрузки, равные текущим нагрузкам, умноженным на полученный коэффициент запаса прочности.

ПОКАЗАТЬ ПРИМЕРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Мы рассмотрели основы моделирования. В скором времени мы будем рассматривать САЕ-системы, главным образом, МКЭ-пакеты. Однако пока не завершились практические занятия по твердотельному моделированию рассмотрим математические основы САПР.

11. СОСТАВИТЕЛЬ ПРОГРАММЫ

Лагерев Игорь Александрович, доктор технических наук, доцент, проректор по инновационной работе ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»

01.09.2021 г.

И.А. Лагерев



**Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации**

**ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского»**

Материалы с мероприятий по апробации

Открытая лекция «Сквозные цифровые технологии индустрии 4.0»

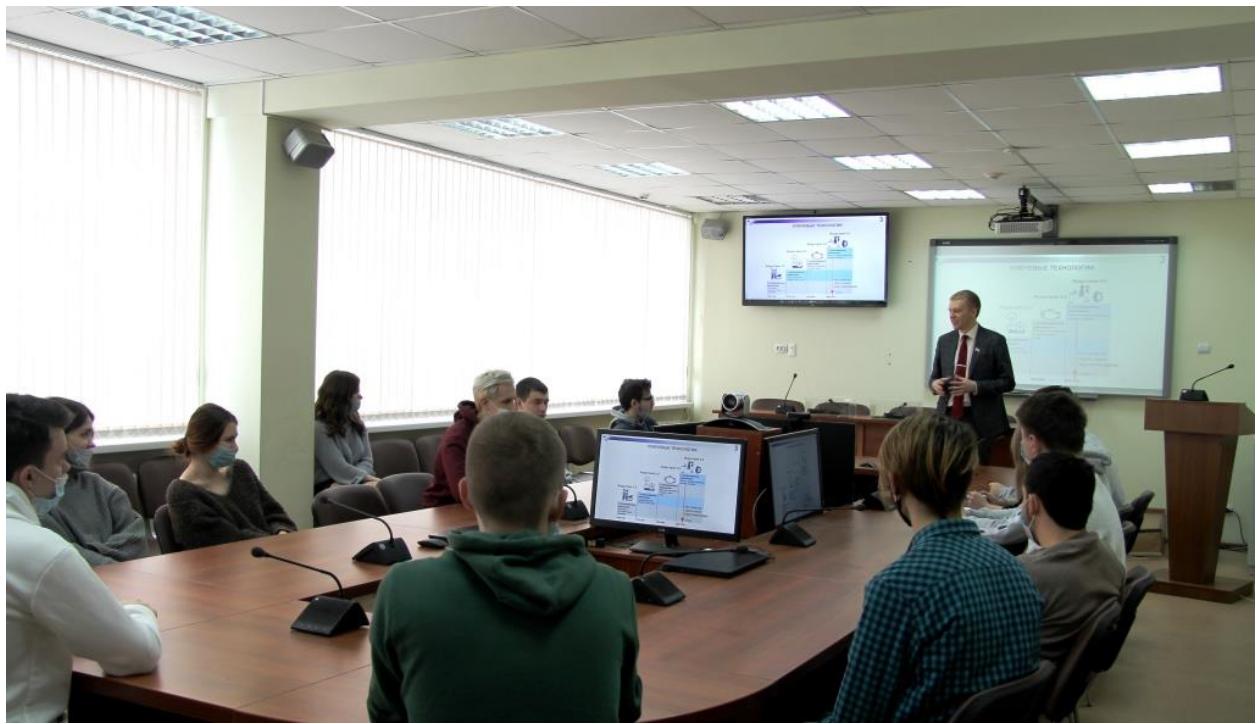
13 февраля для студентов филологического и физико-математического факультетов была организована открытая лекция, посвященная актуальной теме «Сквозные цифровые технологии Индустрии 4.0». В качестве лектора выступил проректор по инновационной работе, профессор **И.А. Лагерев**.

В начале лекции **Игорь Александрович** сделал краткий исторический экскурс в процесс смены технологических укладов, которые закономерно привели к возникновению Индустрии 4.0. Он отметил, что каждая новая технологическая формация характеризуется появлением новых видов деятельности и новых организационных структур, что в итоге приводит к более масштабным трансформациям. «Индустрия 4.0, зарождение и развитие которой мы наблюдаем, отличается тем, что сближает материальный и цифровой миры», – сказал **Игорь Александрович**. Затем студентам были подробно представлены такие сквозные цифровые технологии, как роботизация, аддитивное производство, Интернет вещей, анализ больших данных, моделирование, использование цифровых двойников и другие.

Актуальность темы лекции вызвала большой интерес у слушателей. Студенты активно принимали участие в беседе с лектором, задавали интересующие вопросы.

Выступление **И.А. Лагерева** открыло новый просветительский проект филологического факультета «Лекторий», который направлен на популяризацию современных научных знаний и повышение престижа отечественной науки. В рамках проекта будут также сформированы коллекции видеолекций ведущих ученых и преподавателей университета.

Мероприятие входит в план работы Федеральной инновационной площадки БГУ.





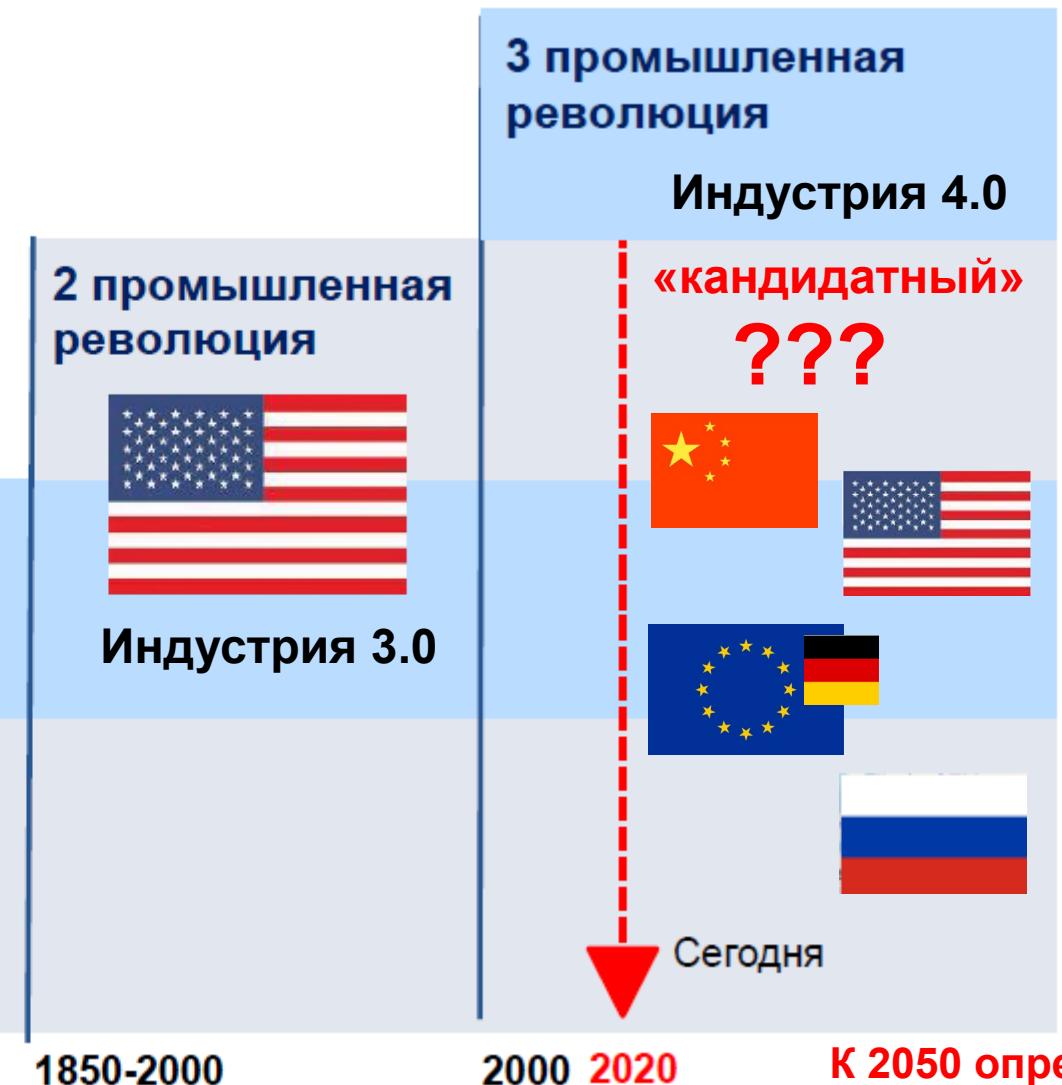
Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского»
ИНОЦ цифровых технологий Индустрии 4.0

«СКВОЗНЫЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНДУСТРИИ 4.0»

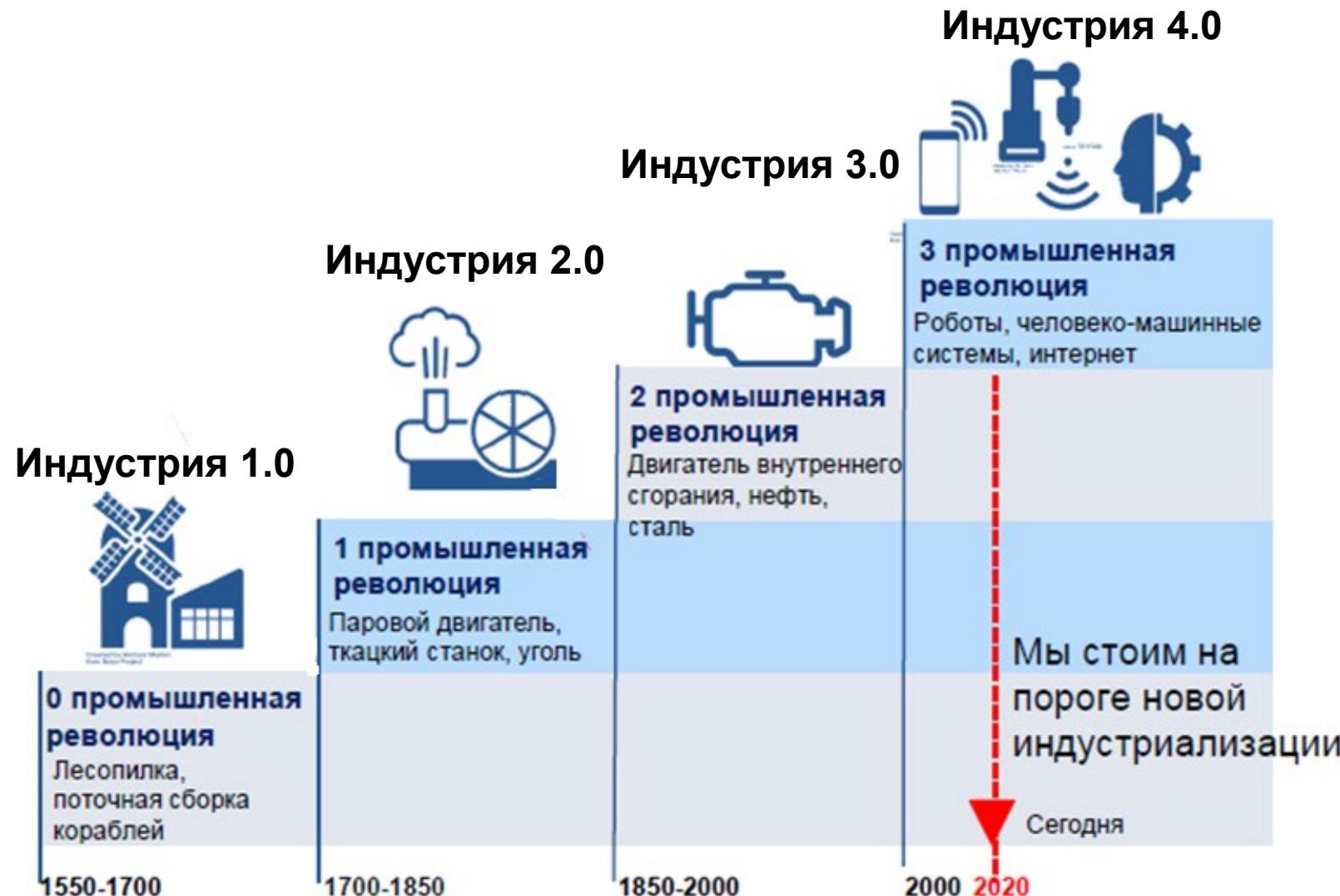
Материалы к лекции проф. И.А. Лагерева

Брянск, 13 февраля 2021 г.

СМЕНА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УКЛАДОВ

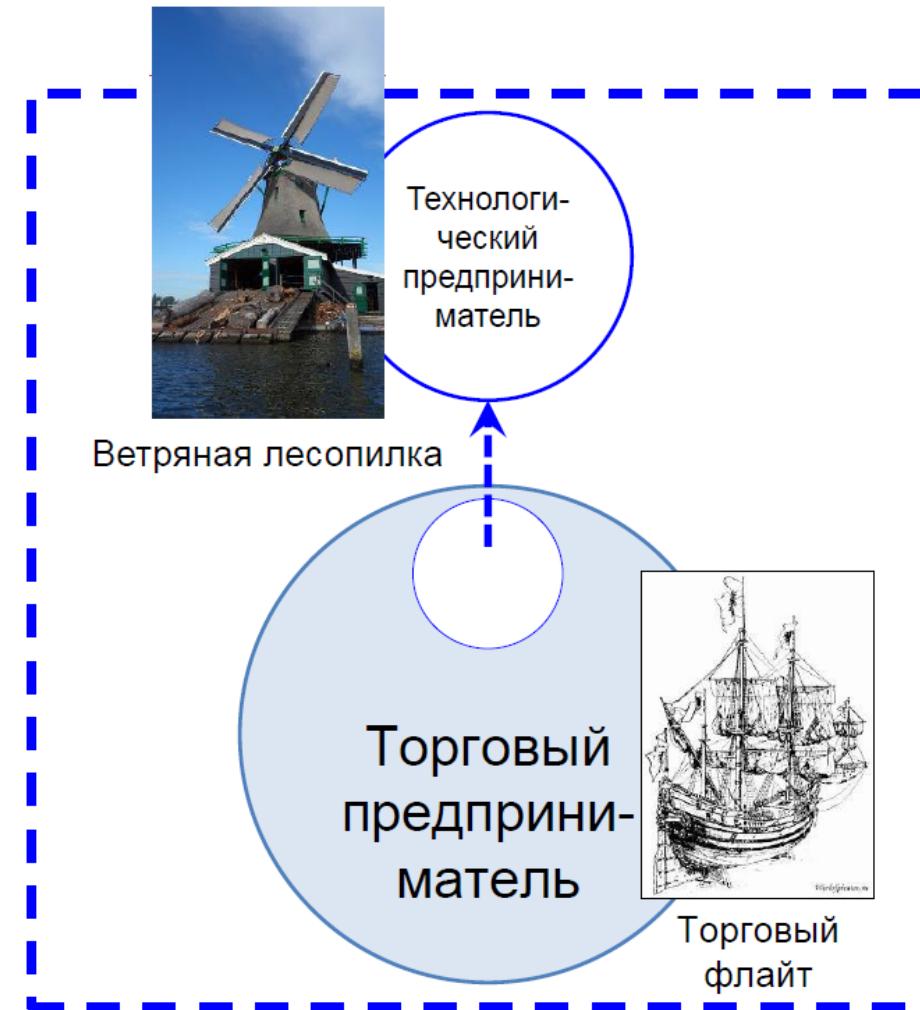


КЛЮЧЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ



ВЫДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА ИЗ ТОРГОВОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА

Технологический предприниматель на волне глобализации мира, вызванной великими географическими открытиями, как бы отделился от торгового предпринимателя, сделав предметом своей мыследеятельности повышение производительности труда, а также всех остальных факторов производства.



На примере 0-й промышленной революции

Ее технологическая основа – Ветряной двигатель (парус)

Торговцы использовали ветер для судоходства: приплыл – купил – приплыл – продал

Технологический предприниматель заставил ветер работать на повышение производительности – Ветряная лесопилка

КЛЕТОЧКИ РАЗВИТИЯ НОВОЙ ИНДУСТРИИ

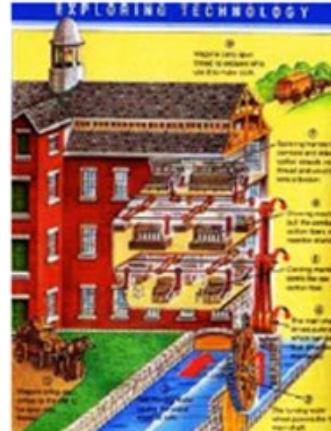
Индустрия 1.0



1550-1700

Кластер

Индустрия 2.0



1700-1850

Фабрика

Индустрия 3.0



1850-2000

Транснациональная корпорация

Индустрия 4.0



**Платформа
(сетевая ТНК)**

???

**Гигагорода
(>50 млн. жителей)**

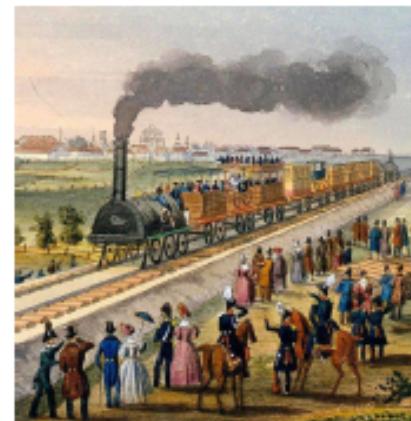
???

**Агрессивные
инновационные
кластеры**



РАЗВИТИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ

В ходе этих волн неминуемо трансформируются принципы размещения промышленности, пространственной организации территорий и жёсткие инфраструктуры



1550-1700

- ▶ Каналы
- ▶ трекварты
- ▶ каналы для доб торфа
- ▶ почтовая связь
- ▶ польдеры

Индустрия 1.0

1700-1850

- ▶ дороги с твердым покрытием
- ▶ железные дороги
- ▶ телеграф

Индустрия 2.0

1850-2000

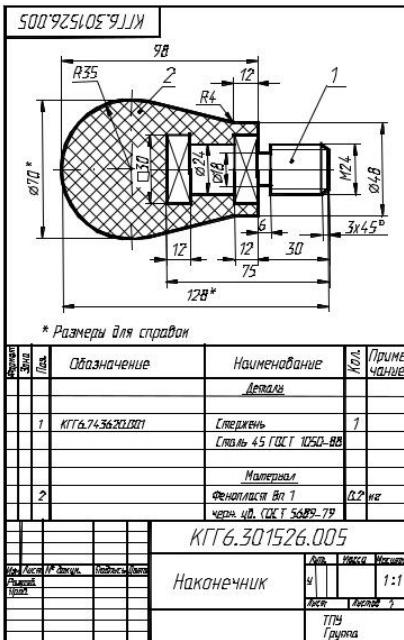
- ▶ аэродромы, сист. РЛС, свет. сигналов
- ▶ высокоскоростные ж/д
- ▶ ЛЭП, газо- и нефтепроводы
- ▶ телефон, радио, ТВ

Индустрия 3.0

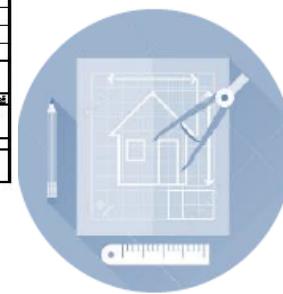
Вопрос
слушателям –
какая наиболее
важная
инфраструктура
лежит в основе
Индустрии 4.0?

Индустрия 4.0

СМЕНА ТЕХНОЛОГИЙ МЫШЛЕНИЯ



Облик изделия в знаковой форме



Система Разделения Труда



0 промышленная революция

1550-1700

**НИР –
НИОКР –
ОКР –
Текучка**



2 промышленная революция

Исследование

1 промышленная революция

1700-1850



3 промышленная революция

Программирование

???

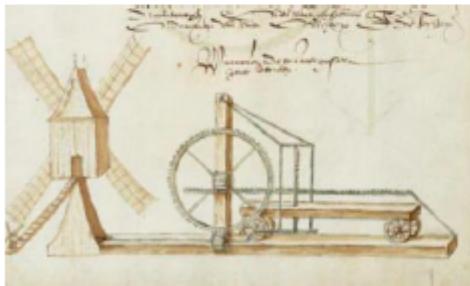
Сегодня
2020

ЗАЩИТА РЕЗУЛЬТАТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Обеспечение воспроизведения и развития технологий Мышления, с одной стороны, и тиражирования клеточек промышленных революций, с другой, требовало своей институциональной поддержки.

Наиболее важным элементом такой институциональной матрицы является принцип вознаграждения интеллектуального вклада инженерной деятельности в создание добавленной стоимости.

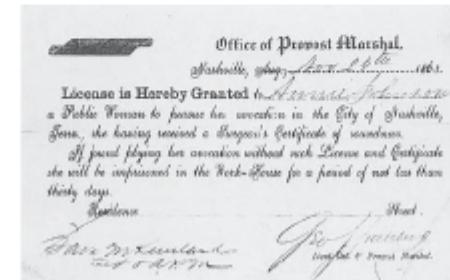
Патентное право



1550-1700

Индустрия 1.0

Институт лицензирования



1700-1850

Индустрия 2.0

Роялти



1850-2000

Индустрия 3.0



ОБОБЩЕННАЯ КАРТА РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ

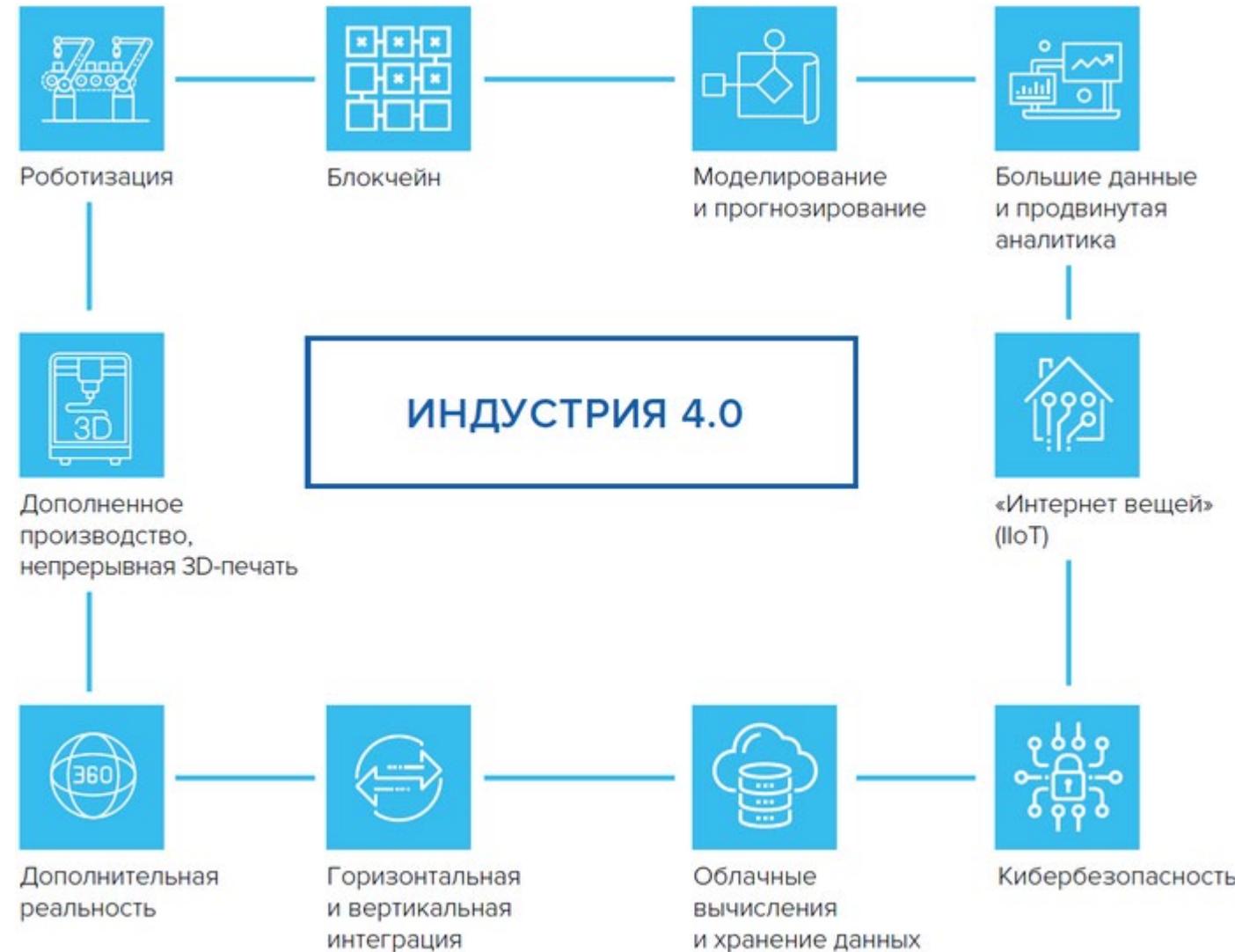
	«0-я» ПР 1550-1700	I ПР 1700-1850	II ПР 1850-2000
Политические институты	Патентное право	Институт лицензирования	Роялти
«Клеточка»	Кластер	Фабрика	ТНК
Технологии мышления	Конструирование	Проектирование	Исследование
Технологии	<ul style="list-style-type: none"> ▶ лес, камень ▶ торф, ветер ▶ флайт 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ чугун, железо ▶ уголь, пар ▶ пароход, паровоз ▶ хирургия, наркоз ▶ с/х аппараты 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ сталь, алюминий, пластик ▶ нефть, газ, гидро- и э/э ▶ а/м, самолет, спутник 
Инфраструктура	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Каналы ▶ трекварты ▶ каналы для доб торфа ▶ почтовая связь ▶ польдеры 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ дороги с твердым покрытием ▶ железные дороги ▶ телеграф 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ аэродромы, сист. РЛС, свет. сигналов ▶ высокоскоростные ж/д ▶ ЛЭП, газо- и нефтепроводы ▶ телефон, радио, ТВ
Социальная структура	Буржуазия (городской класс)	Пролетариат (наёмный труд)	Салариат (наемные служащие)

Тест на внимательность:
назовите соответствующие элементы для III ПР

СМЕНА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УКЛАДОВ В РОССИИ



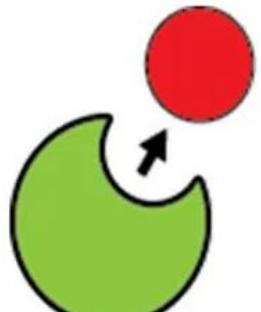
СКВОЗНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНДУСТРИИ 4.0



АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (3D-ПЕЧАТЬ)



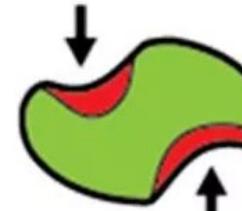
Способы производства



Субтрактивный



Аддитивный



Формирующий



Аддитивное производство



1

Подготовка
CAD-модели



2

Создание
STL-файла



3
Разделение
на слои



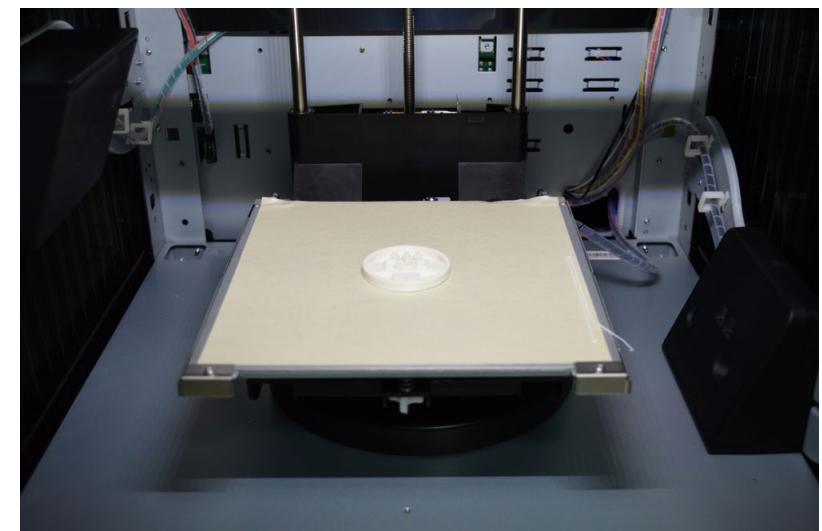
4
3D-печать



5
Финишная
обработка



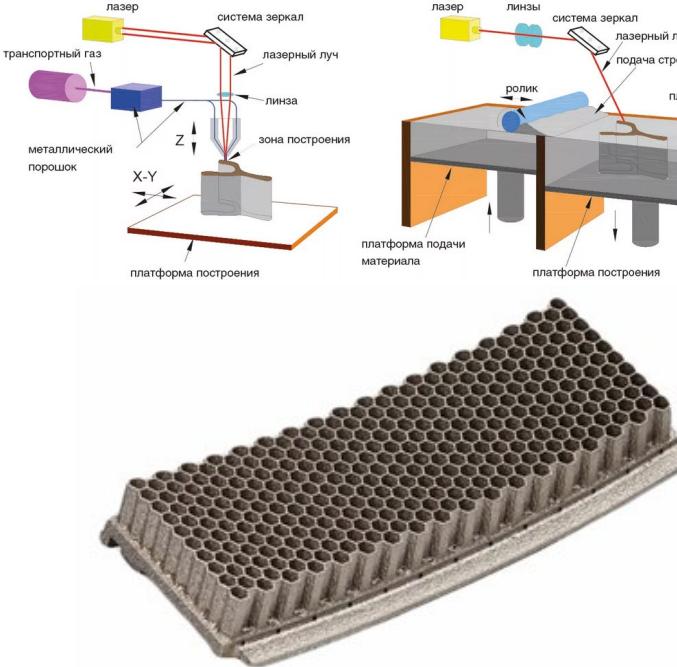
6
Готовое
изделие



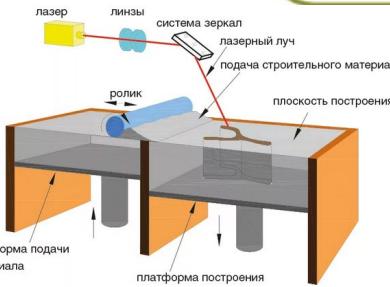
АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (3D-ПЕЧАТЬ)



SLM

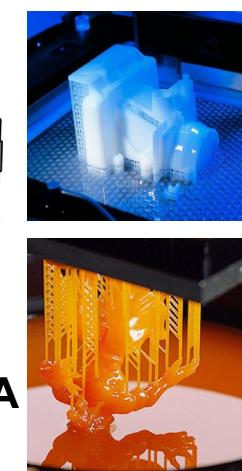


SLS



SLA
MJM

LOM



FDN



ВИРТУАЛЬНАЯ И ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ



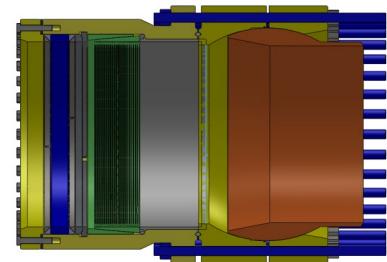
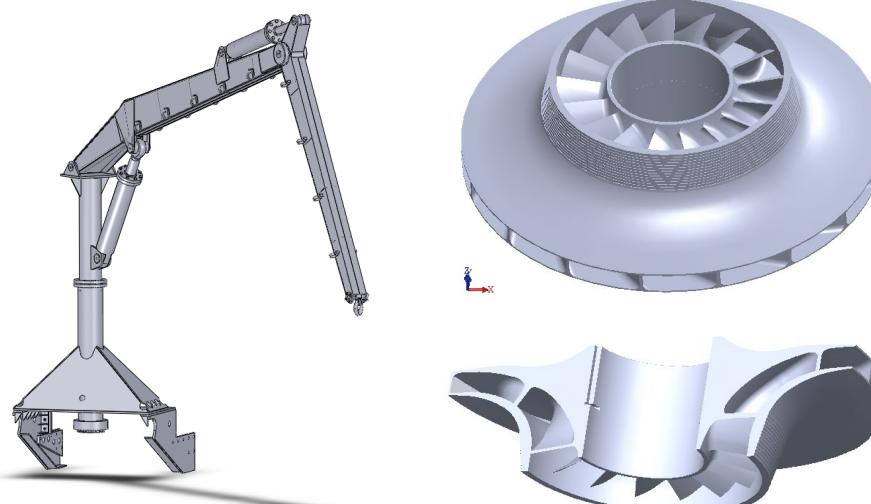
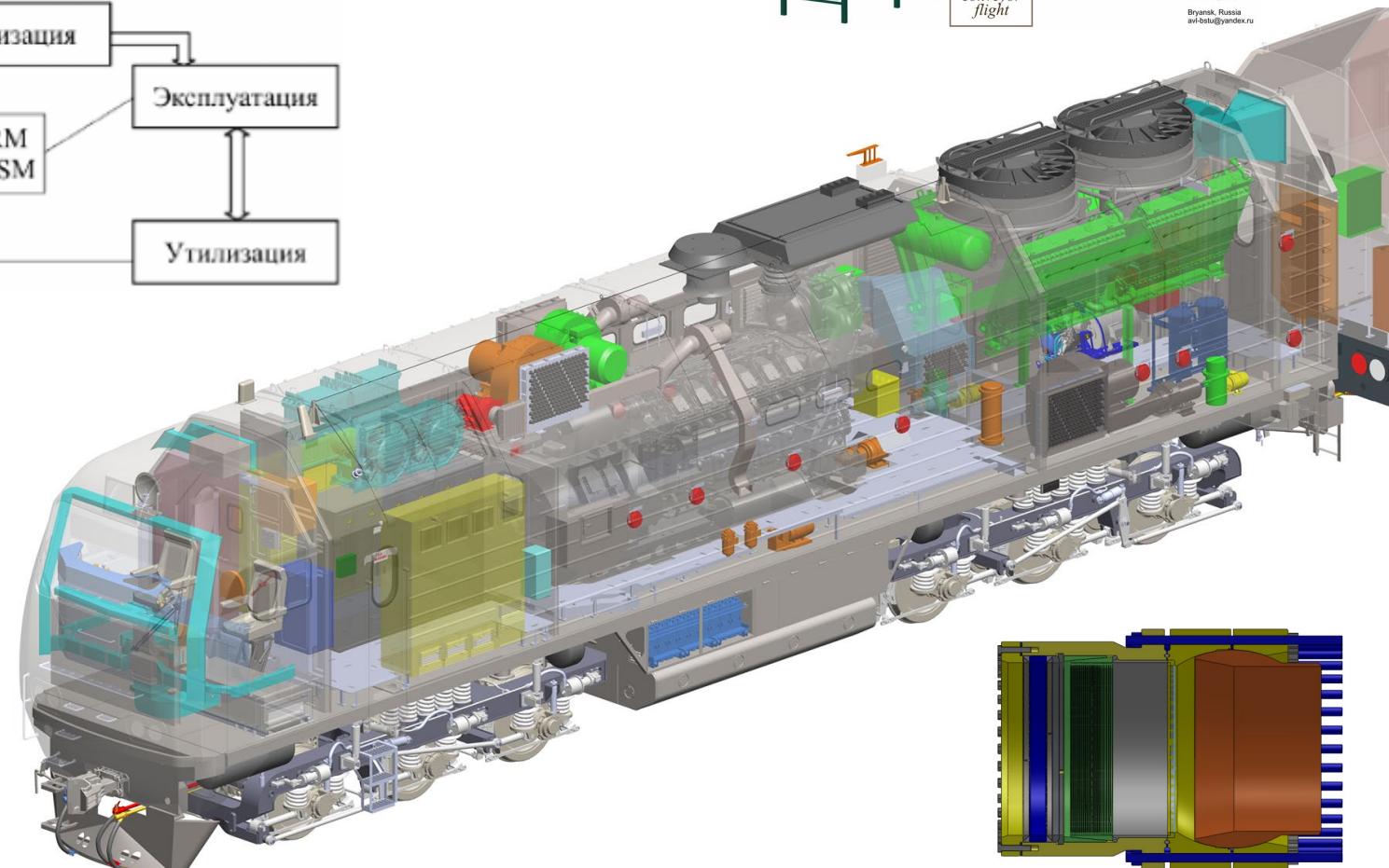
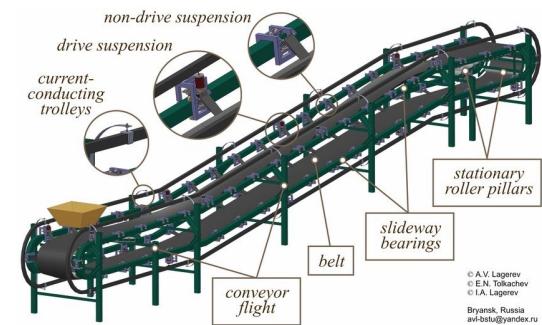
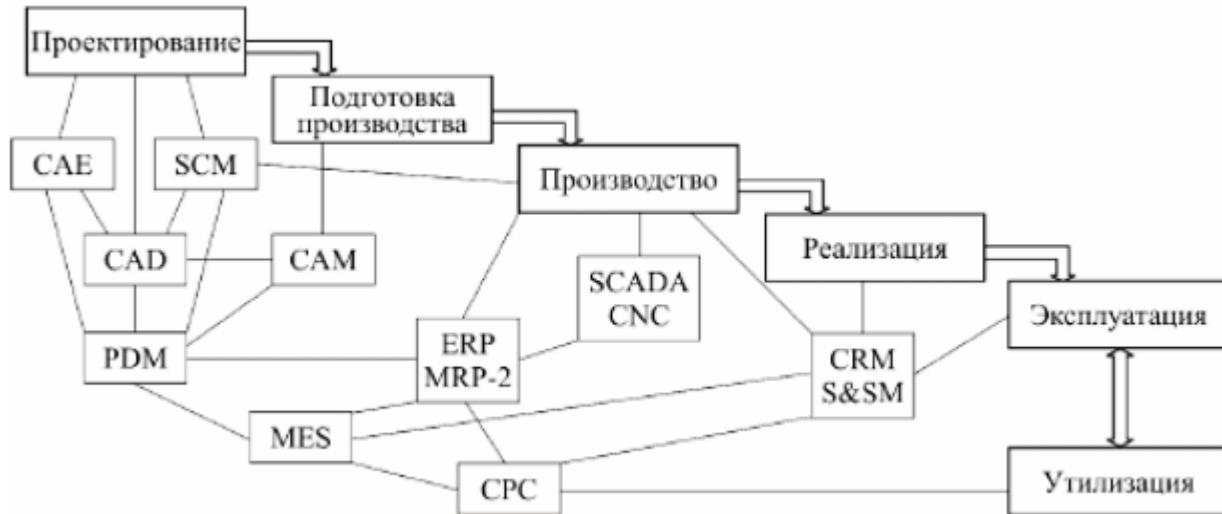
AR VR

ВИРТУАЛЬНАЯ И ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

OCULUS RIFT



PLM (CALS)



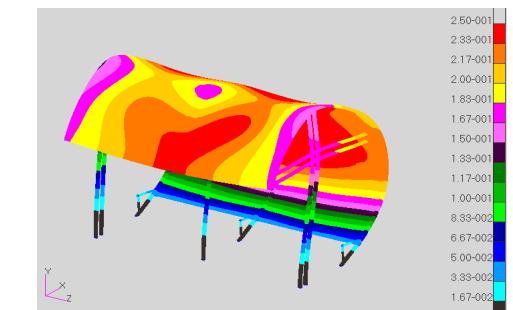
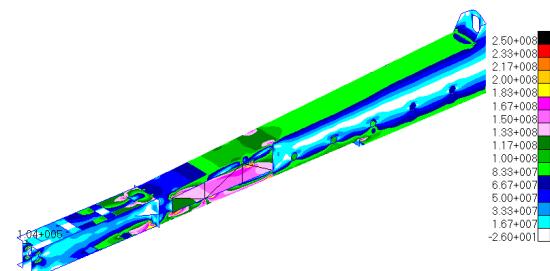
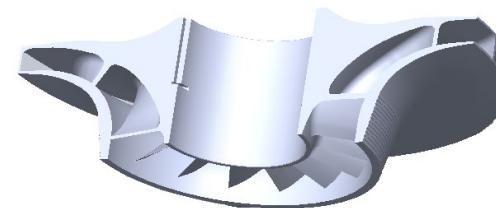
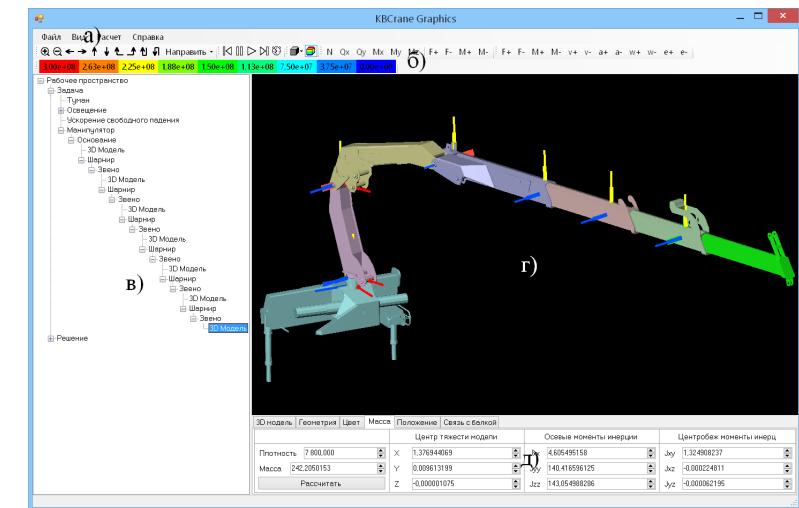
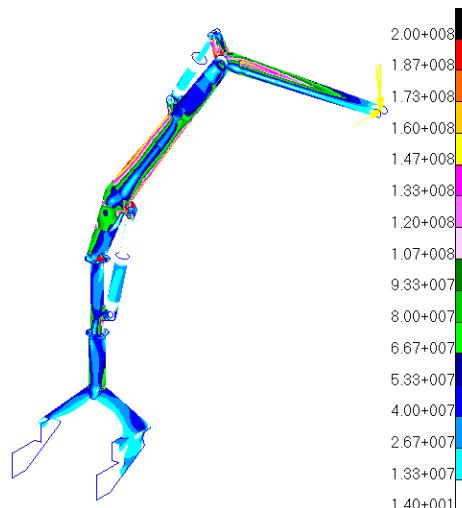
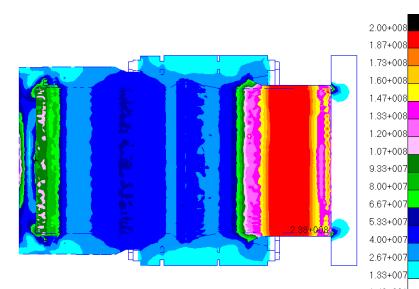
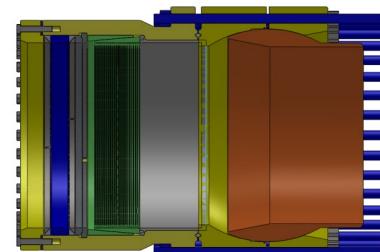
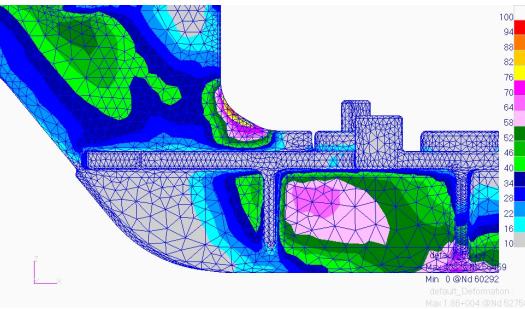
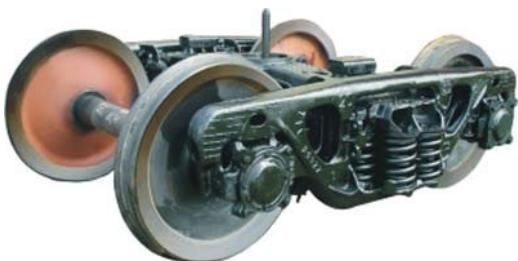
РАСЧЁТЫ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

$$\frac{\partial \sigma}{\partial x} - P(x) = 0$$

$$\sigma = E\varepsilon$$

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$$

$MU'' + CU' + KU = F(t)$



ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ

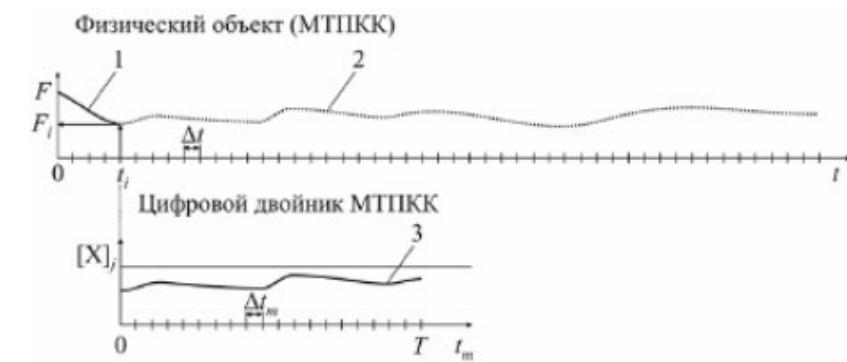
Прогнозирование на основе численного моделирования изделий, процессов и ресурсов, а также их взаимодействия в виртуальном мире



Поддержка непрерывного улучшения на основе сравнения прогнозных показателей с фактическими



Рис. 3. Взаимосвязь промышленного изделия и его цифрового двойника



РОБОТИЗАЦИЯ

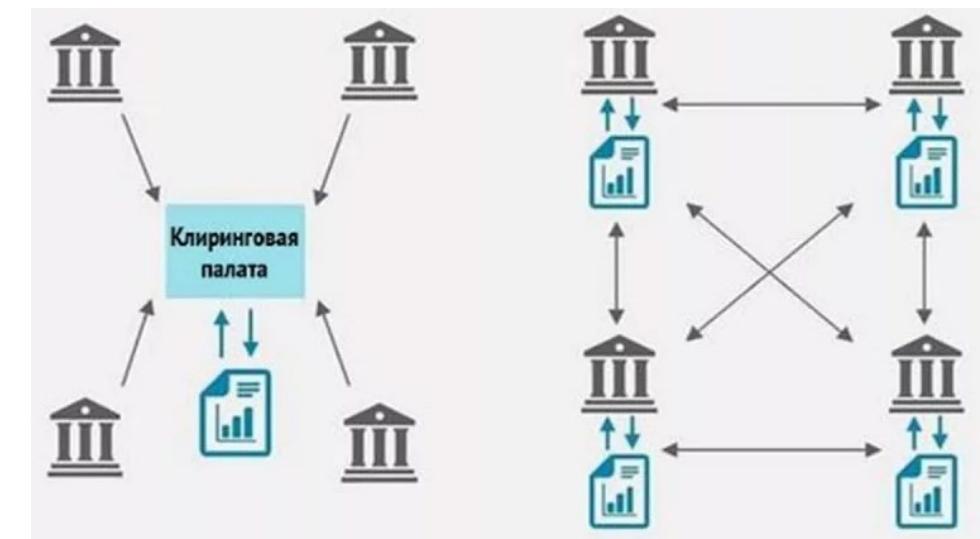
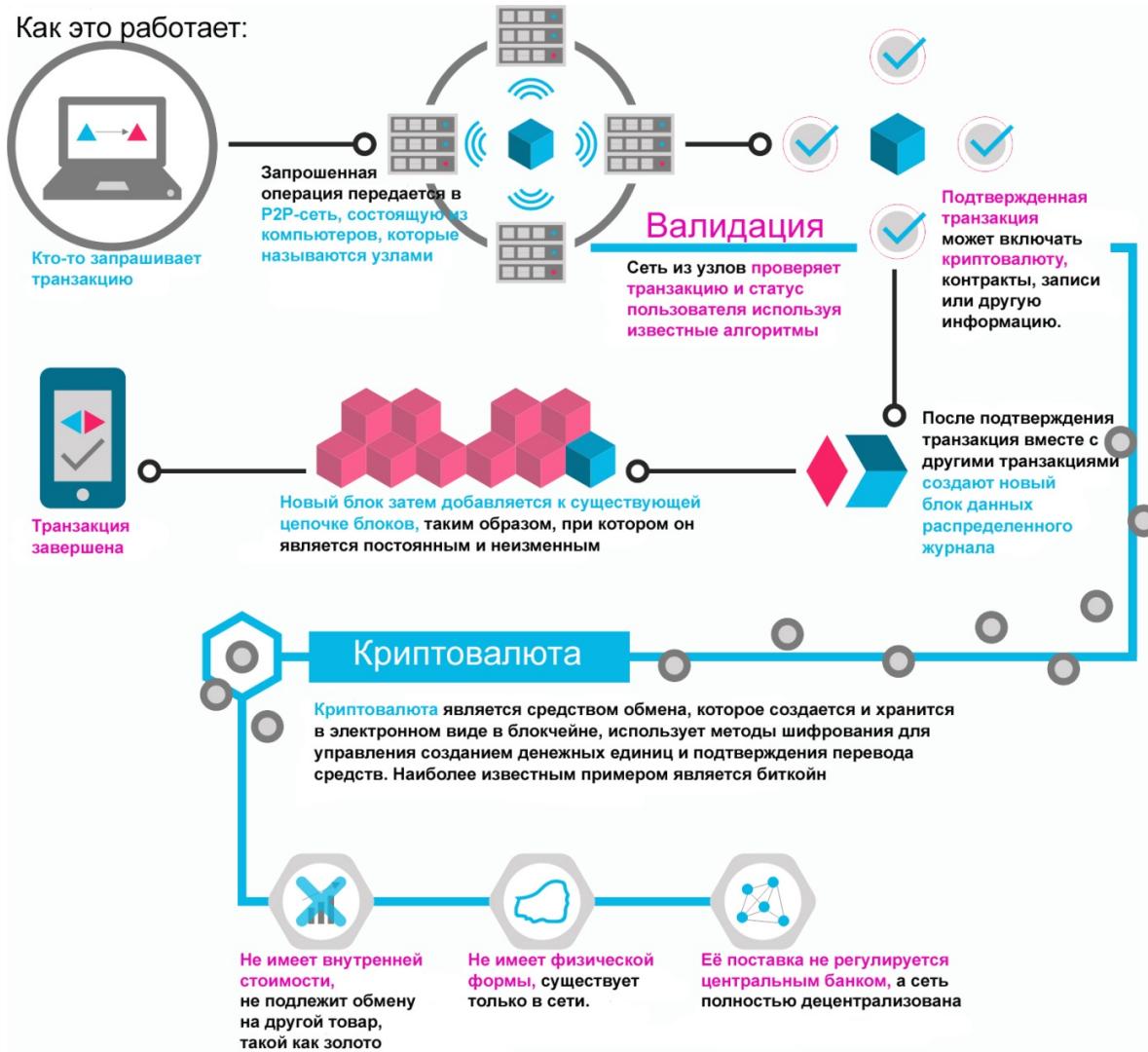


ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ

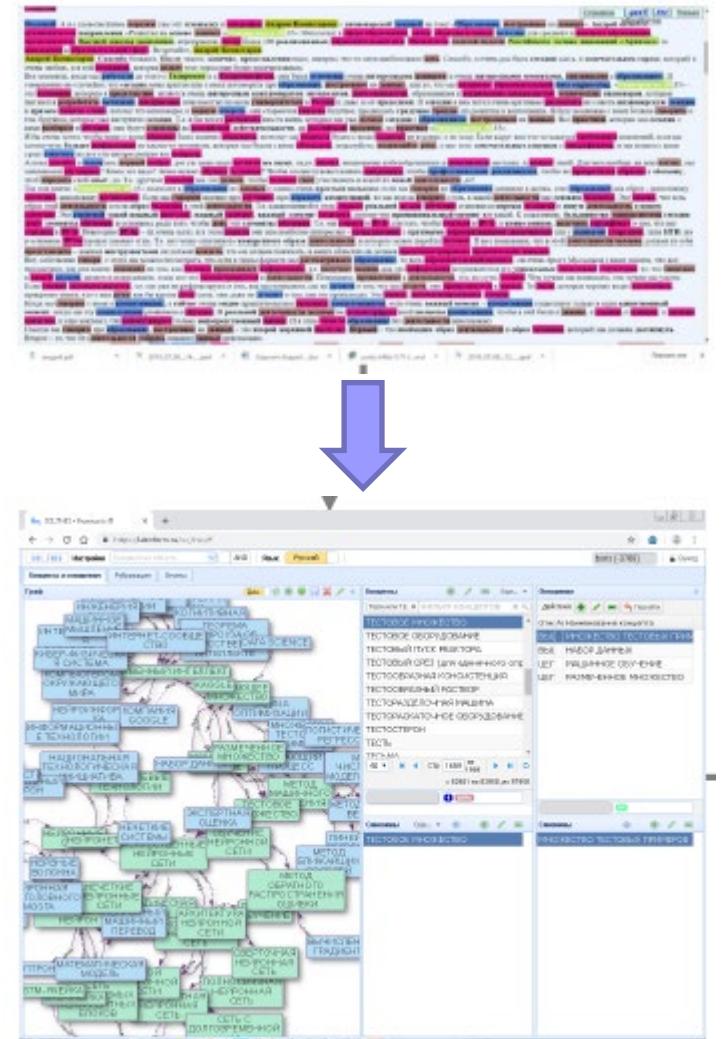
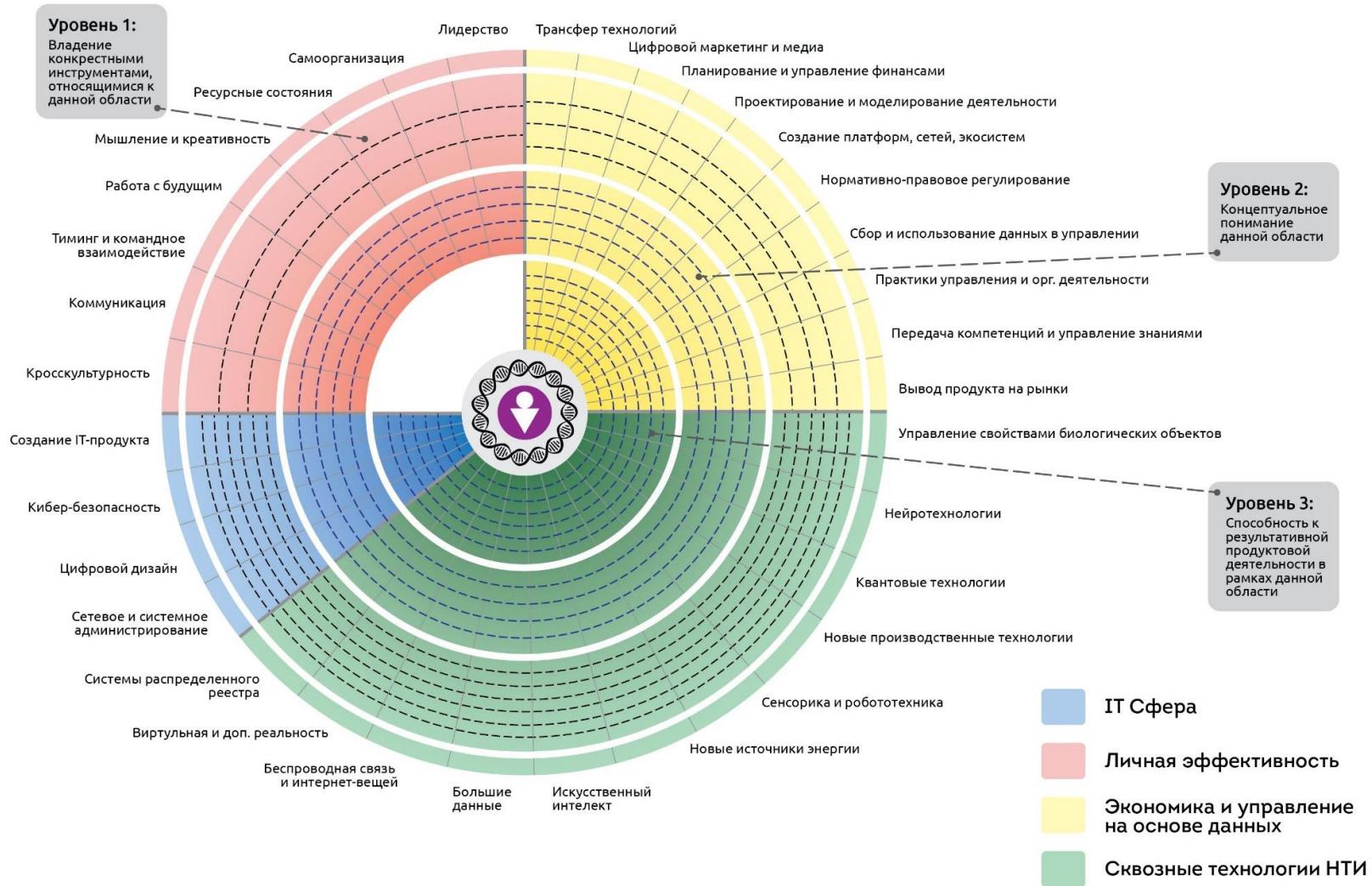


БЛОКЧЕЙН

Как это работает:



БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ (НА ПРИМЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ)





Спасибо за внимание!

Лагерев Игорь Александрович
E-mail: lagerev-bgu@yandex.ru

Мастер-класс по применению технологий Индустрии 4.0

7 апреля 2021 года в рамках реализации плана мероприятий, посвященных Году науки и технологий, в университете состоялся мастер класс по применению технологий Индустрии 4.0 в профессиональной и повседневной деятельности. В качестве эксперта выступил профессор Игорь Александрович Лагерев. В мероприятии приняли участие студенты, в том числе председатели студенческих научных обществ всех факультетов университета.

В ходе мастер-класса были наглядно продемонстрированы приемы работы с 3D-принтером на основе технологии FDM. Студенты увидели все этапы процесса 3D-печати – от разработки трехмерной модели до финишной обработки готового изделия. 3D-принтеры могут использоваться студентами всех факультетов университета при решении профессиональных и повседневных задач. Например, историки и археологи могут создавать макеты исторических сооружений и копии культурных артефактов. Студенты творческих направлений подготовки могут изготавливать элементы художественных и ремесленных произведений. Студенты-химики – изготавливать модели молекул или элементы химического оборудования. Обучающиеся физико-математического факультета уже используют 3D-печать при выполнении дипломных работ. Данный список можно продолжать бесконечно. Поэтому одной из важнейших целей мероприятия являлась наглядная демонстрация потенциальных возможностей 3D-печати для более активного вовлечения студенческой молодежи в использование этой перспективной технологии.

Также на мастер-классе были продемонстрированы системы виртуальной реальности и программные среды для разработки виртуальных сцен. К сожалению, в силу ограничения мероприятия по времени не все участники смогли лично испытать погружение в мир виртуальной реальности. Однако следует отметить, что студенты ряда направлений подготовки физико-математического и филологического факультетов уже несколько лет изучают системы виртуальной реальности на занятиях по сквозным цифровым технологиям. Недавно в рамках Дней науки в БГУ на факультете физической культуры прошла лекция-визуализация «Виртуальная реальность в образовании».

Руководство и профессорско-преподавательский состав университета уделяет особое внимание внедрению современных технологий в образовательный процесс. Поэтому серия подобных мероприятий будет продолжена. Часть из них будет проходить в рамках реализации плана мероприятий Федеральной инновационной площадки нашего университета.

Мероприятие проводится в рамках реализации плана работы Федеральной инновационной площадки в сфере образования и науки (ФИП). Напомним, что статус ФИП был присвоен Брянскому государственному университету приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 25.12.2020 г. №1580. Федеральные инновационные площадки – это организации, осуществляющие образовательную деятельность, реализующие инновационные проекты или программы, которые имеют существенное значение для обеспечения модернизации и развития системы образования с учётом основных направлений социально-экономического развития Российской Федерации, реализации приоритетных направлений государственной политики Российской Федерации в сфере образования.





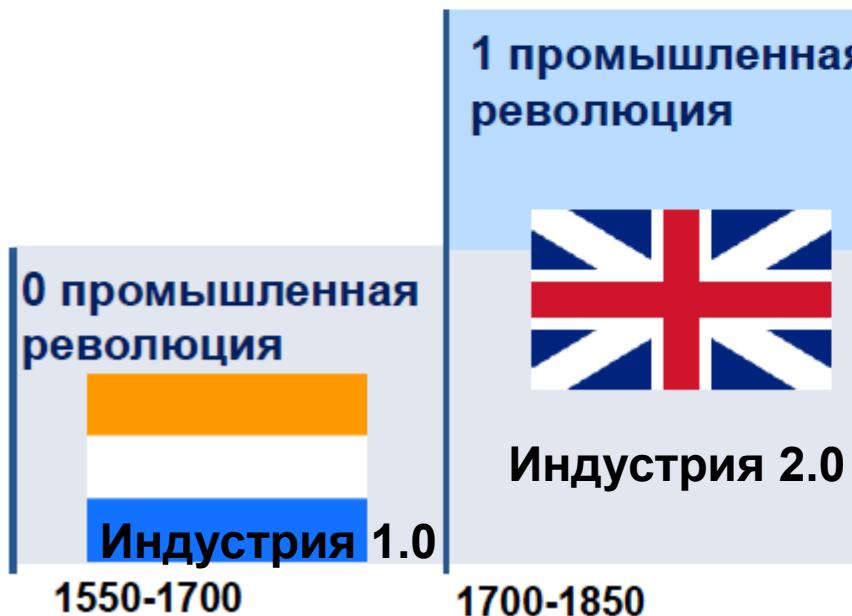
Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского»
ИНОЦ цифровых технологий Индустрии 4.0

Мастер-класс для студентов по применению сквозных цифровых технологий Индустрии 4.0 в профессиональной и повседневной деятельности

Материалы для мастер-класса проф. И.А. Лагерева

Брянск, 7 апреля 2021 г.

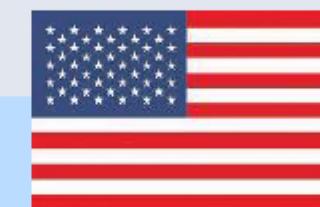
СМЕНА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УКЛАДОВ



3 промышленная
революция

Индустрия 4.0

2 промышленная
революция



Индустрия 3.0



Сегодня

К 2050 определимся

СМЕНА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УКЛАДОВ

	«0-я» ПР 1550-1700	I ПР 1700-1850	II ПР 1850-2000
Политические институты	Патентное право	Институт лицензирования	Роялти
«Клеточка»	Кластер	Фабрика	ТНК
Технологии мышления	Конструирование	Проектирование	Исследование
Технологии	<ul style="list-style-type: none"> ▶ лес, камень ▶ торф, ветер ▶ флайт 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ чугун, железо ▶ уголь, пар ▶ пароход, паровоз ▶ хирургия, наркоз ▶ с/х аппараты 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ сталь, алюминий, пластик ▶ нефть, газ, гидро- и э/э ▶ а/м, самолет, спутник 
Инфраструктура	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Каналы ▶ трекварты ▶ каналы для доб торфа ▶ почтовая связь ▶ польдеры 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ дороги с твердым покрытием ▶ железные дороги ▶ телеграф 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ аэродромы, сист. РЛС, свет. сигналов ▶ высокоскоростные ж/д ▶ ЛЭП, газо- и нефтепроводы ▶ телефон, радио, ТВ
Социальная структура	Буржуазия (городской класс)	Пролетариат (наёмный труд)	Салариат (наемные служащие)

Открытый доступ

- Сетевая ТНК
- Гига-города
- Инновационный кластер*

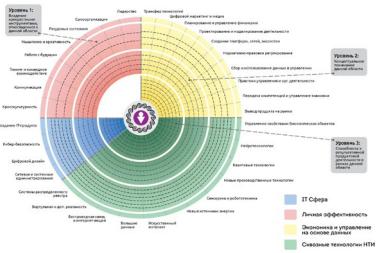
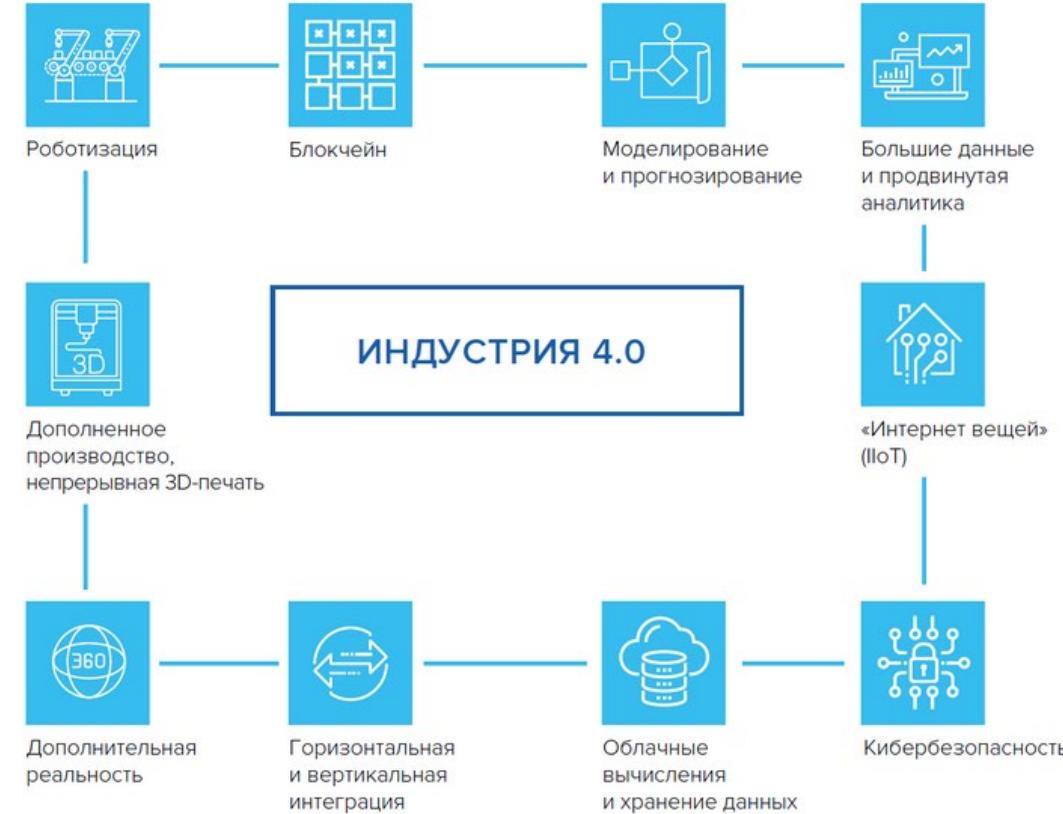
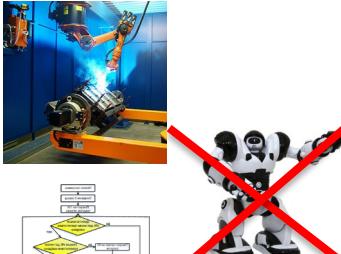
Программирование

Технологии Индустрии 4.0

- ВСМ, беспилотники
- Безуглеродная и зеленая энергетика
- Высокоскоростные компьютерные сети

Пользователи сетевых сервисов

ТЕХНОЛОГИИ ИНДУСТРИИ 4.0



Как в 80-90-е годы ХХ века повсеместно вводились курсы информатики, так сейчас нужны курсы по Индустрии 4.0!

ФЕДЕРАЛЬНАЯ ИННОВАЦИОННАЯ ПЛОЩАДКА

Статус присвоен приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1580.

Задачи проекта

- Подготовка будущих и переподготовка действующих педагогов к эффективному формированию устойчивых компетенций в области цифровой экономики и технологий Индустрии 4.0 у обучающихся общеобразовательных организаций.
- Всестороннее информирование жителей региона о способах применения технологий цифровой экономики и Индустрии 4.0 для решения повседневных и профессиональных задач.
- Разработка и апробация учебно-методической документации и инновационного содержания курсов дополнительного профессионального образования в области использования технологий цифровой экономики и Индустрии 4.0, пригодных для дальнейшего тиражирования на всей территории Российской Федерации.



19-23 апреля 2021 **IT-чемпионат**
https://vk.com/open_it_2021

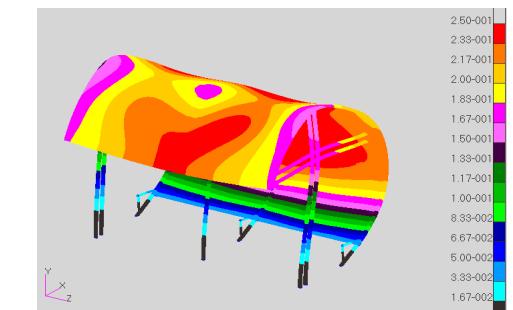
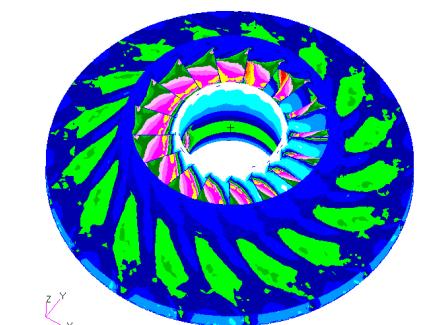
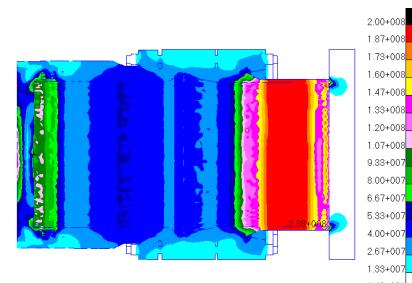
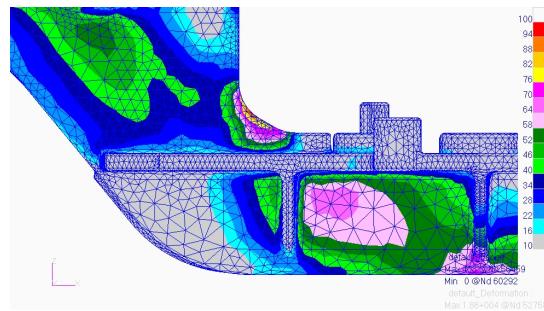
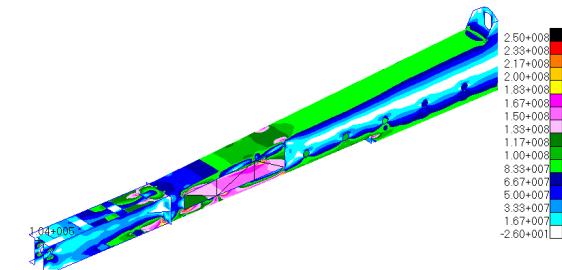
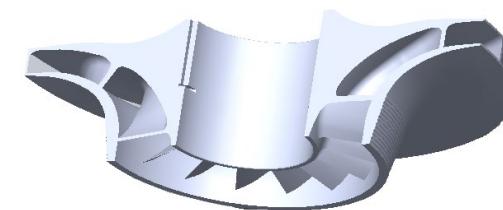
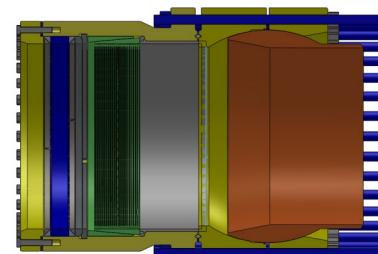
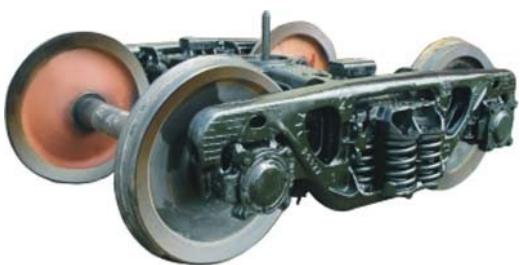
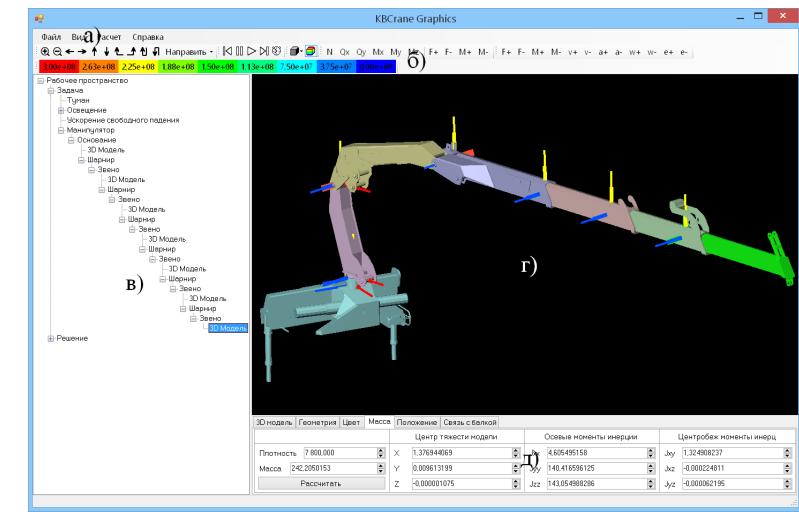
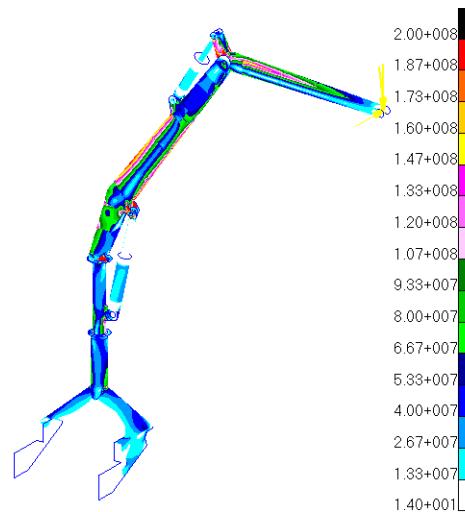
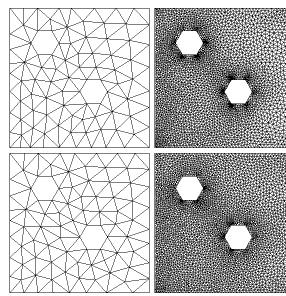
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

$$\frac{\partial \sigma}{\partial x} - P(x) = 0$$

$$\sigma = E\varepsilon$$

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$$

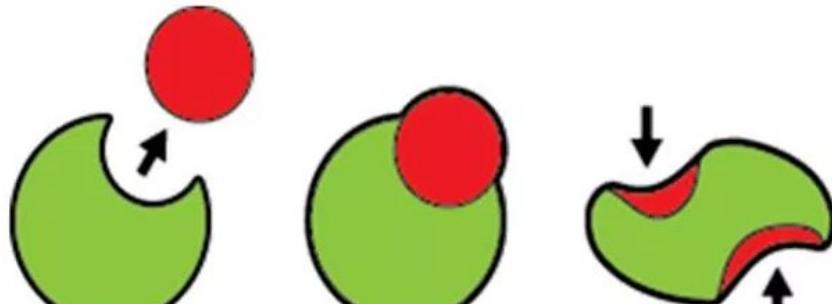
$$MU'' + CU' + KU = F(t)$$



АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (3D-ПЕЧАТЬ)



Способы производства



Субтрактивный

Аддитивный

Формирующий



1

Подготовка
CAD-модели

2

Создание
STL-файла

3

Разделение
на слои

4

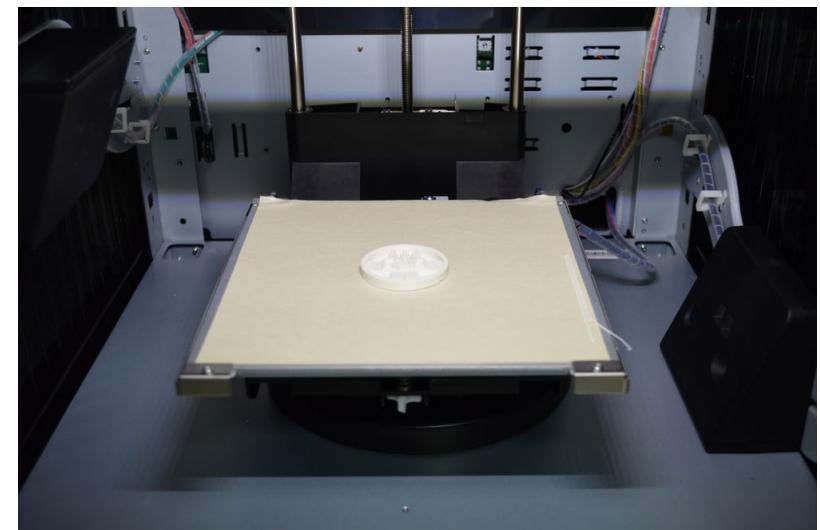
3D-печать

5

Финишная
обработка

6

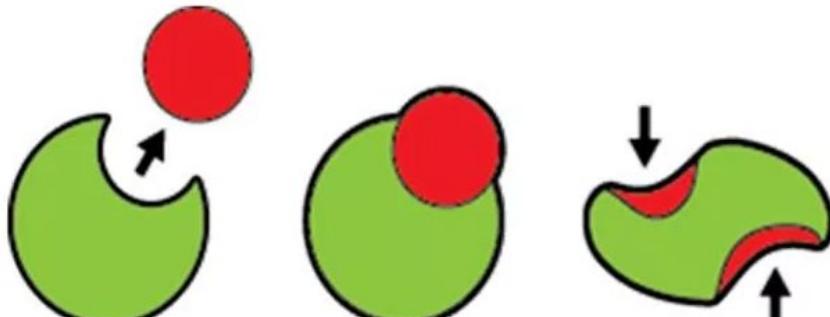
Готовое
изделие



АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (3D-ПЕЧАТЬ)



Способы производства



1

Подготовка
CAD-модели

2

Создание
STL-файла

3

Разделение
на слои

4

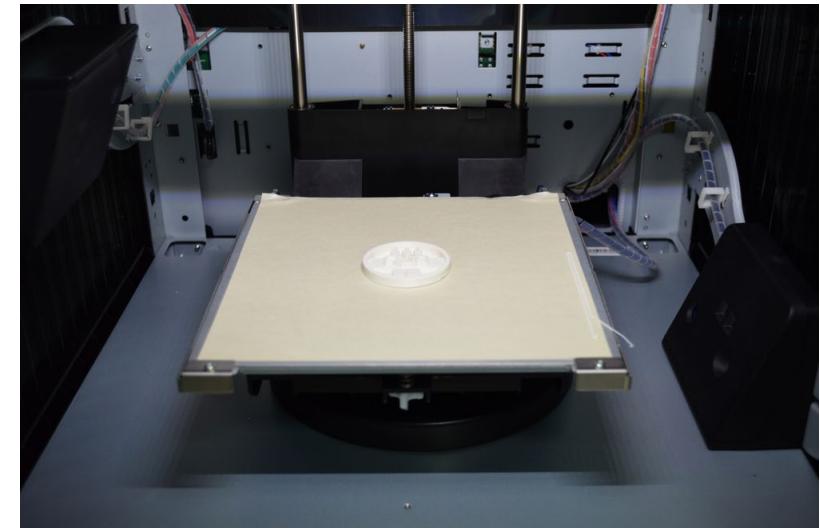
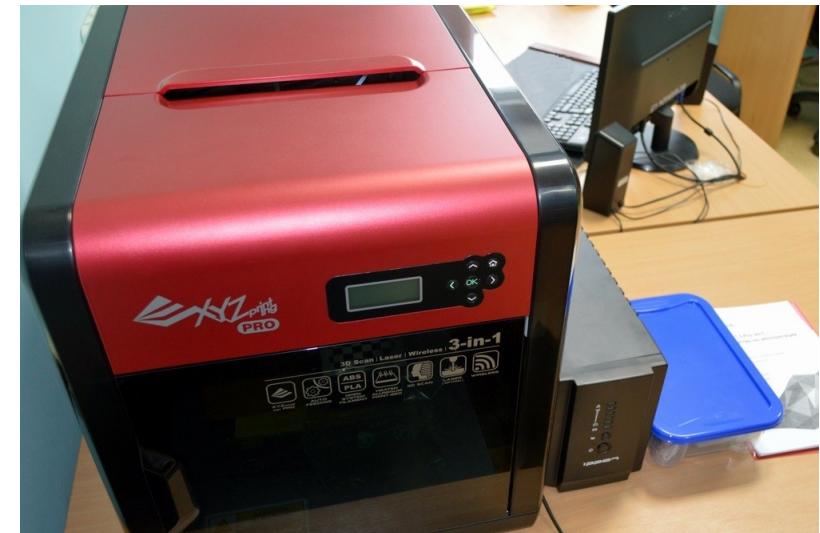
3D-печать

5

Финишная
обработка

6

Готовое
изделие

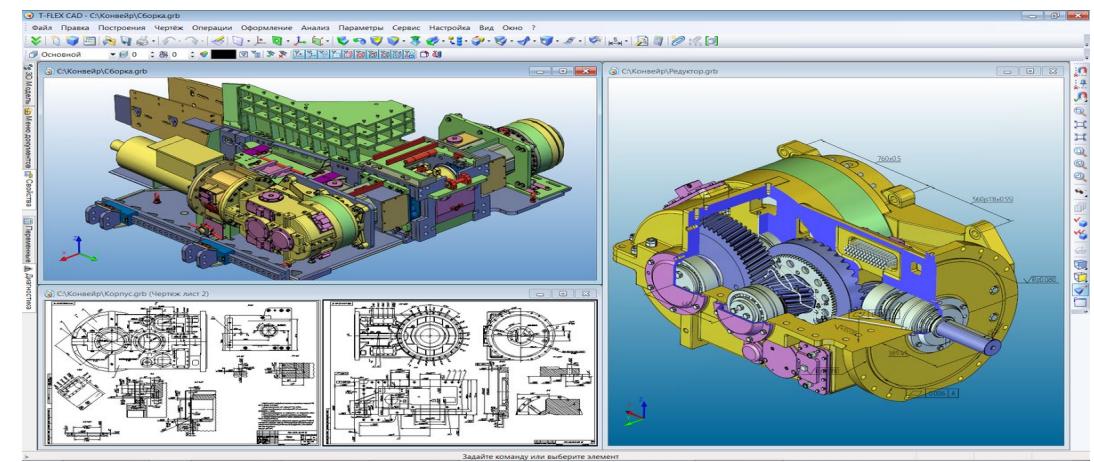


ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Одним из наиболее важных этапов проектирования машиностроительных изделий является этап конструирования. Значимость его не только в том, что на этом этапе формируется концептуальный облик будущего изделия, но и в том, что именно на этапе конструирования создаются математически точные геометрические модели как отдельных деталей, так и всего изделия, которые будут играть определяющую роль на всех последующих этапах ЖЦ.

В основе автоматизированного конструирования (CAD) лежит:

Геометрическое моделирование – совокупность операций и процедур, включающих формирование геометрической модели объекта и ее преобразование с целью получения желаемого изображения объекта и определения его геометрических свойств.



ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Твердое тело – заполненная «материалом» замкнутая область пространства.

Твердое тело характеризуется:

- многогранным представлением
- историей своего создания.

Другие параметры твердого тела:

- параметры материала
- параметры отображения

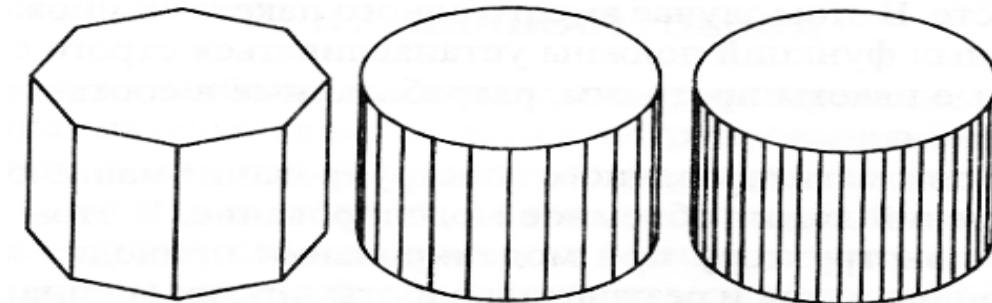
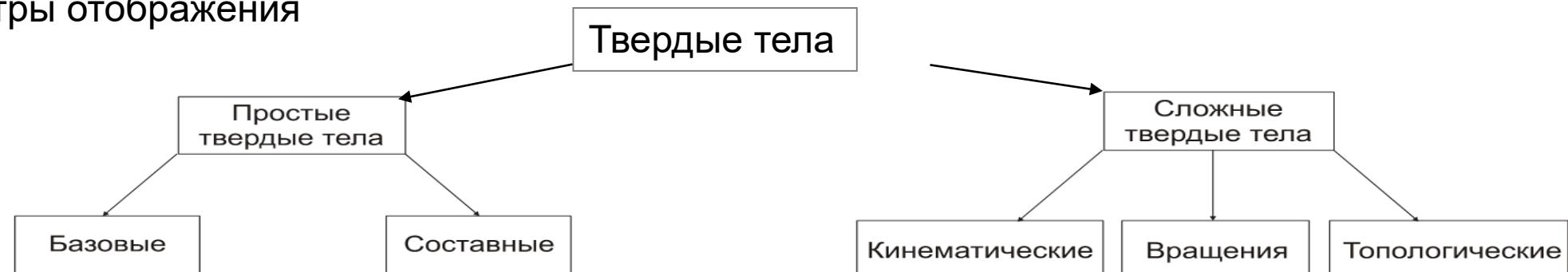


Рис. 3.1. Точность отображения цилиндра

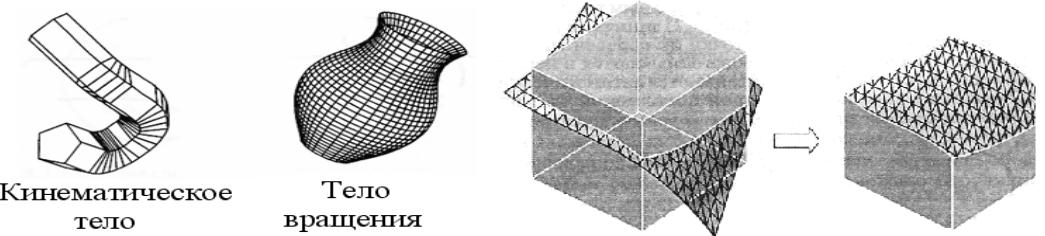


Базовые тела (твёрдотельные примитивы) – это параллелепипед, цилиндр, шар, конус и др.

Они строятся с указанием формообразующих линий и контуров или с помощью задания значений параметров.

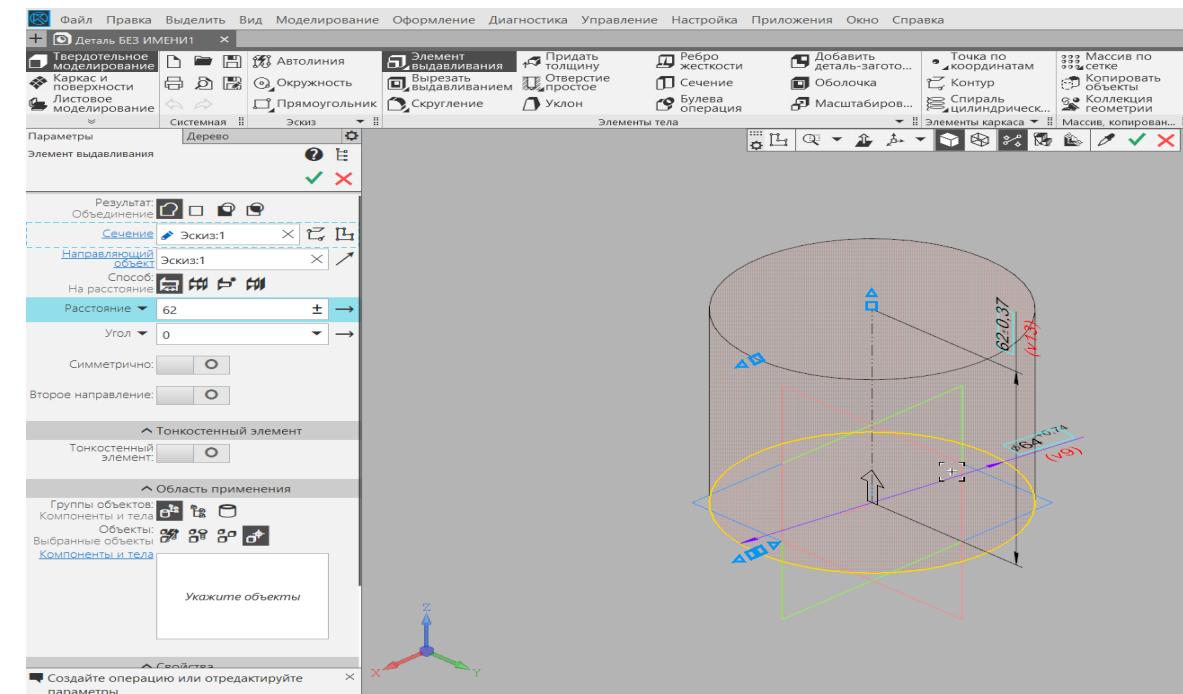


Составные тела формируются в результате топологических операций (булевы функции сложения, вычитания, пересечения) над базовыми телами. В данном случае базовые тела называют *конструктивными элементами* сложного тела

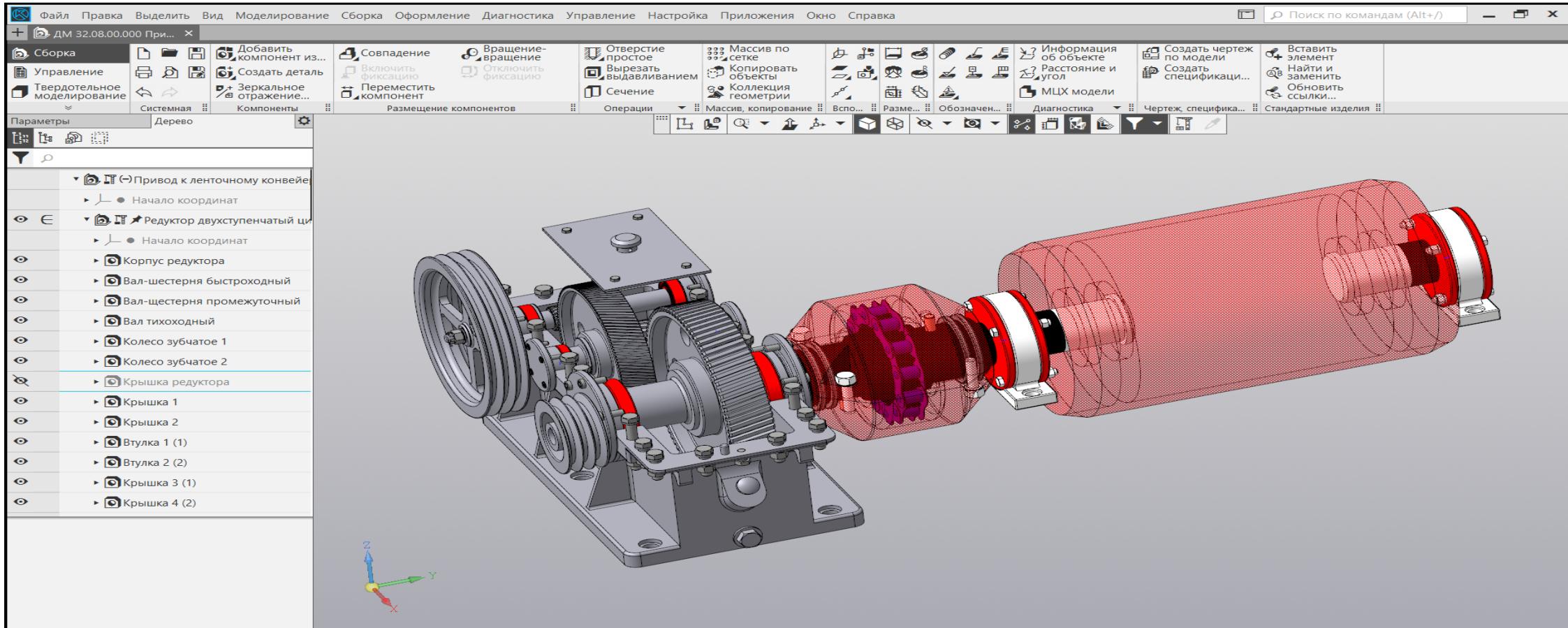


ОСНОВНЫЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ

- Операция выдавливания
- Операция вращения
- Операция по сечениям
- Кинематическая операция
- Булева операция
- Массив элементов
- Скругления и фаски
- Отверстия
- Ребра
- Создание объема
- Вырезание объема



ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС КОМПАС-3D

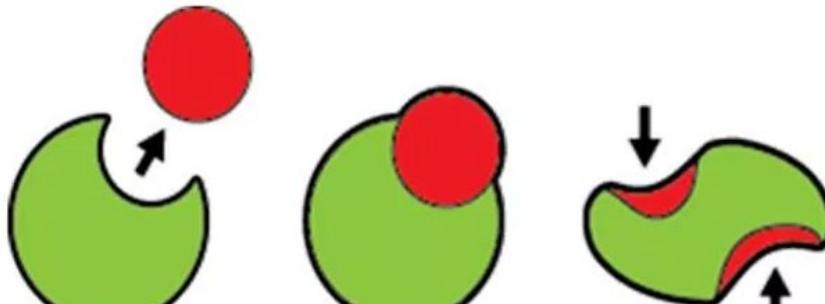


Разработчик: АСКОН (Россия)

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (3D-ПЕЧАТЬ)



Способы производства



1
Подготовка
CAD-модели

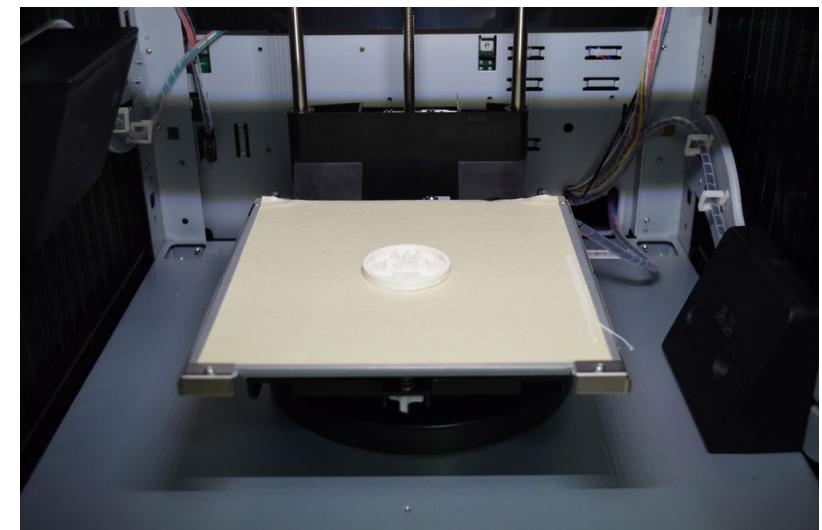
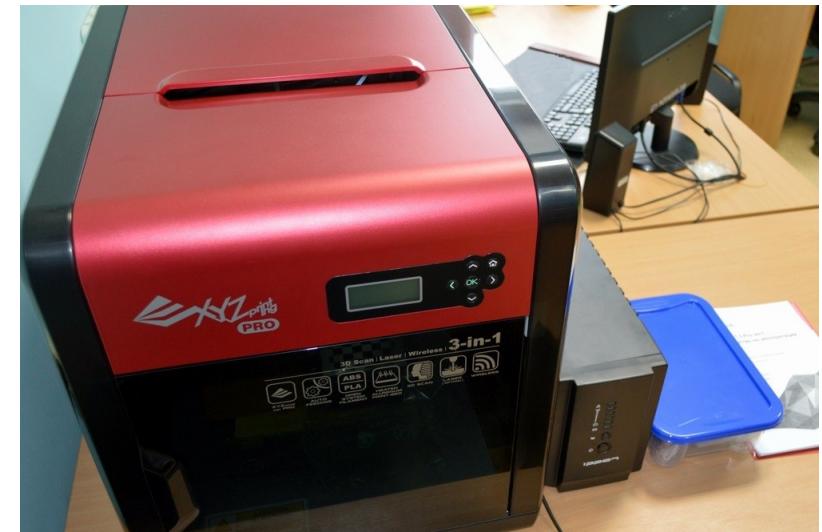
2
Создание
STL-файла

3
Разделение
на слои

4
3D-печать

5
Финишная
обработка

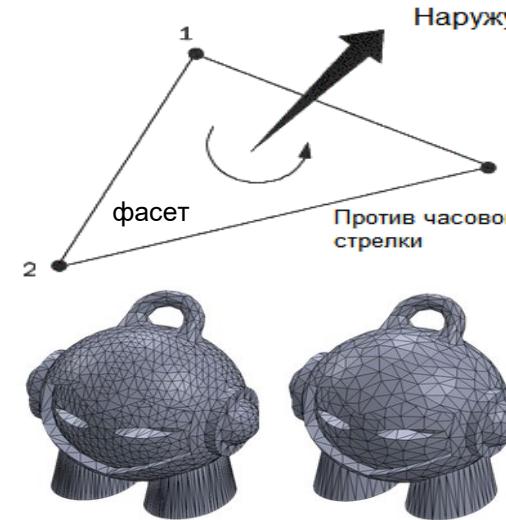
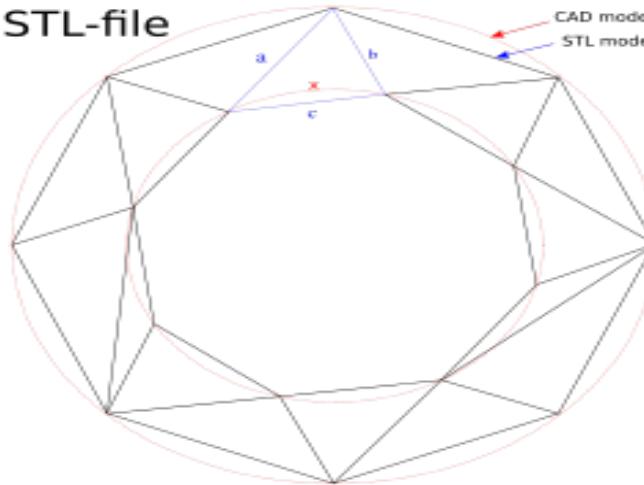
6
Готовое
изделие



ФОРМАТ STL

Формат изначально разработан для использования в аддитивных технологиях (для прототипирования с помощью стереолитографии).

STL-file



Стереолитография

Структура файла:

`solid name`

`facet normal ni nj nk`

`outer loop`

`vertex v1x v1y v1z`

`vertex v2x v2y v2z`

`vertex v3x v3y v3z`

`endloop`

`endfacet`

`endsolid name`

Поддерживаются в САПР:

ADEM CAD

Meshlab

Blender 3D

Kompas 3D

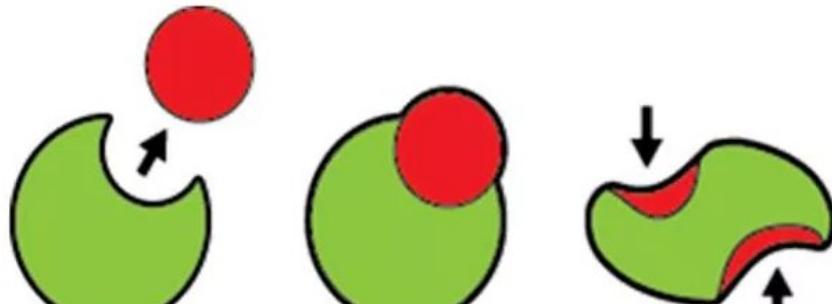
T-FLEX CAD

Wings 3D

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (3D-ПЕЧАТЬ)



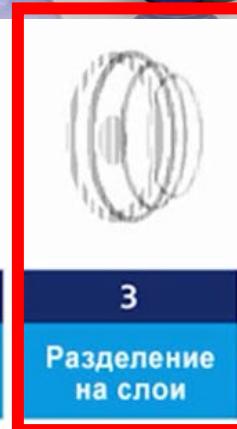
Способы производства



Субтрактивный

Аддитивный

Формирующий



1

Подготовка
CAD-модели

2

Создание
STL-файла

3

Разделение
на слои

4

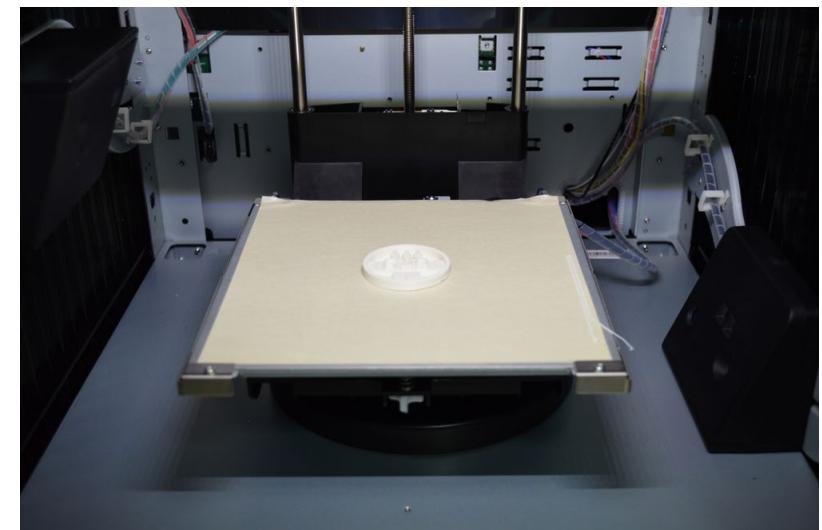
3D-печать

5

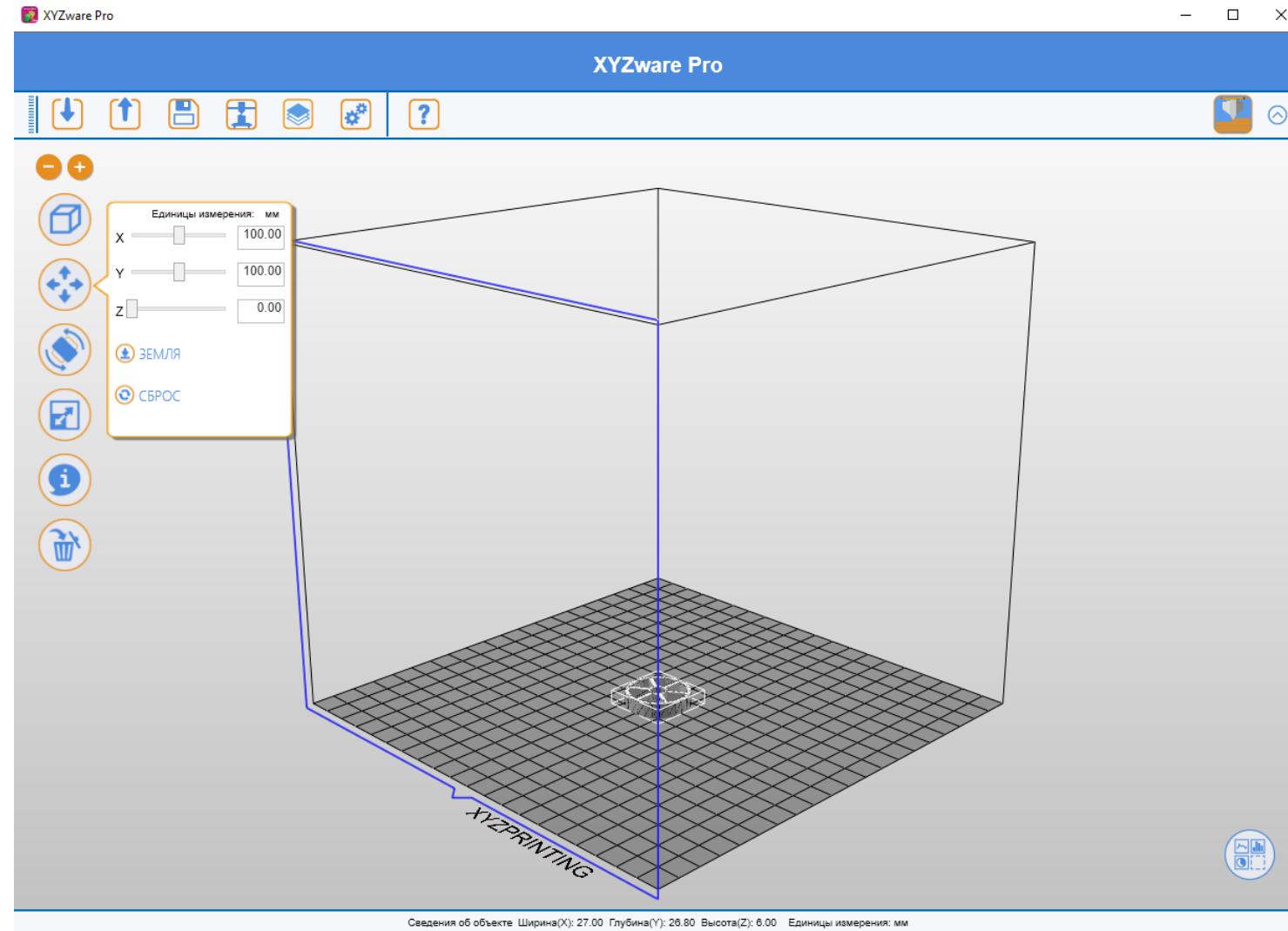
Финишная
обработка

6

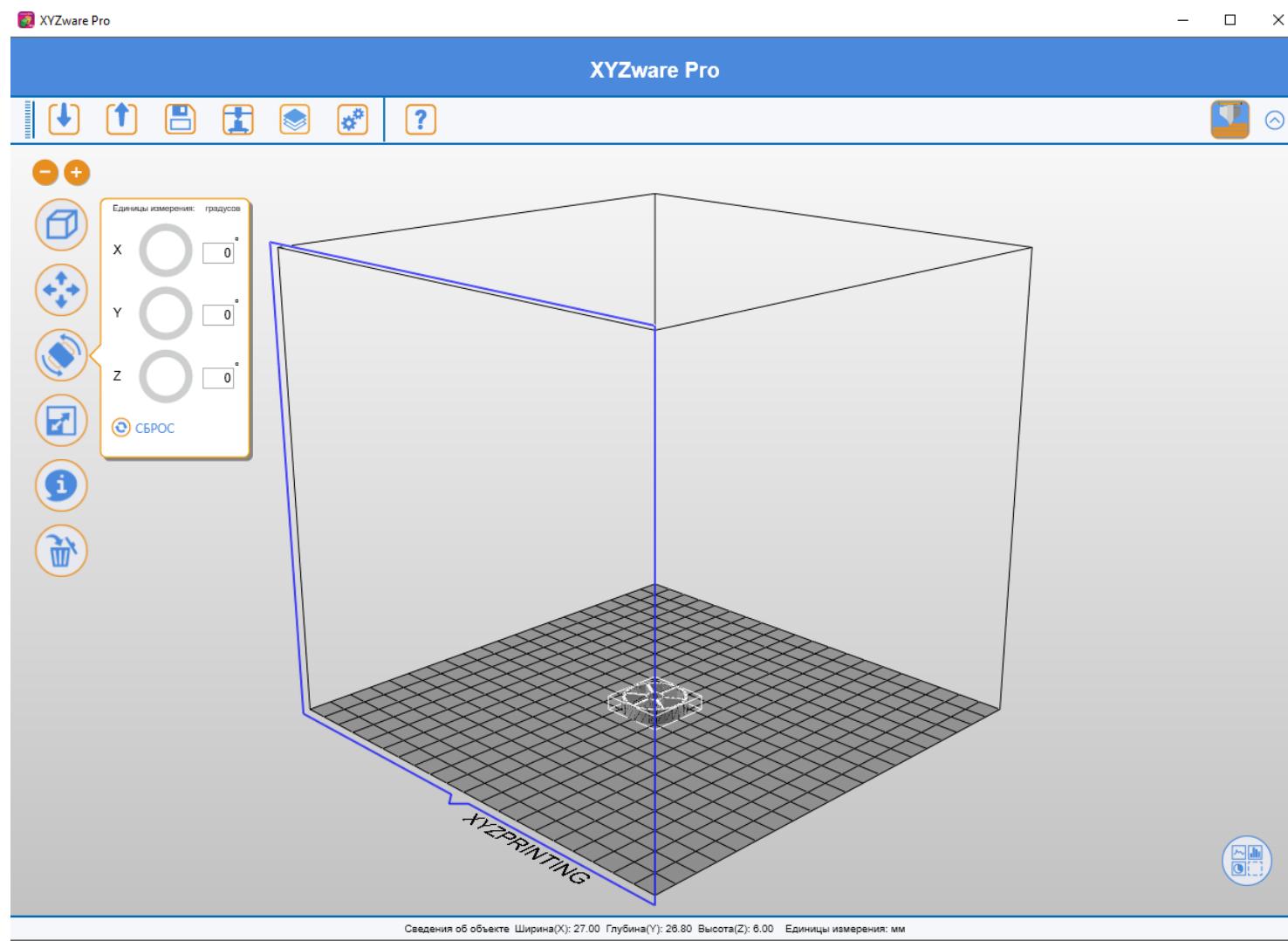
Готовое
изделие



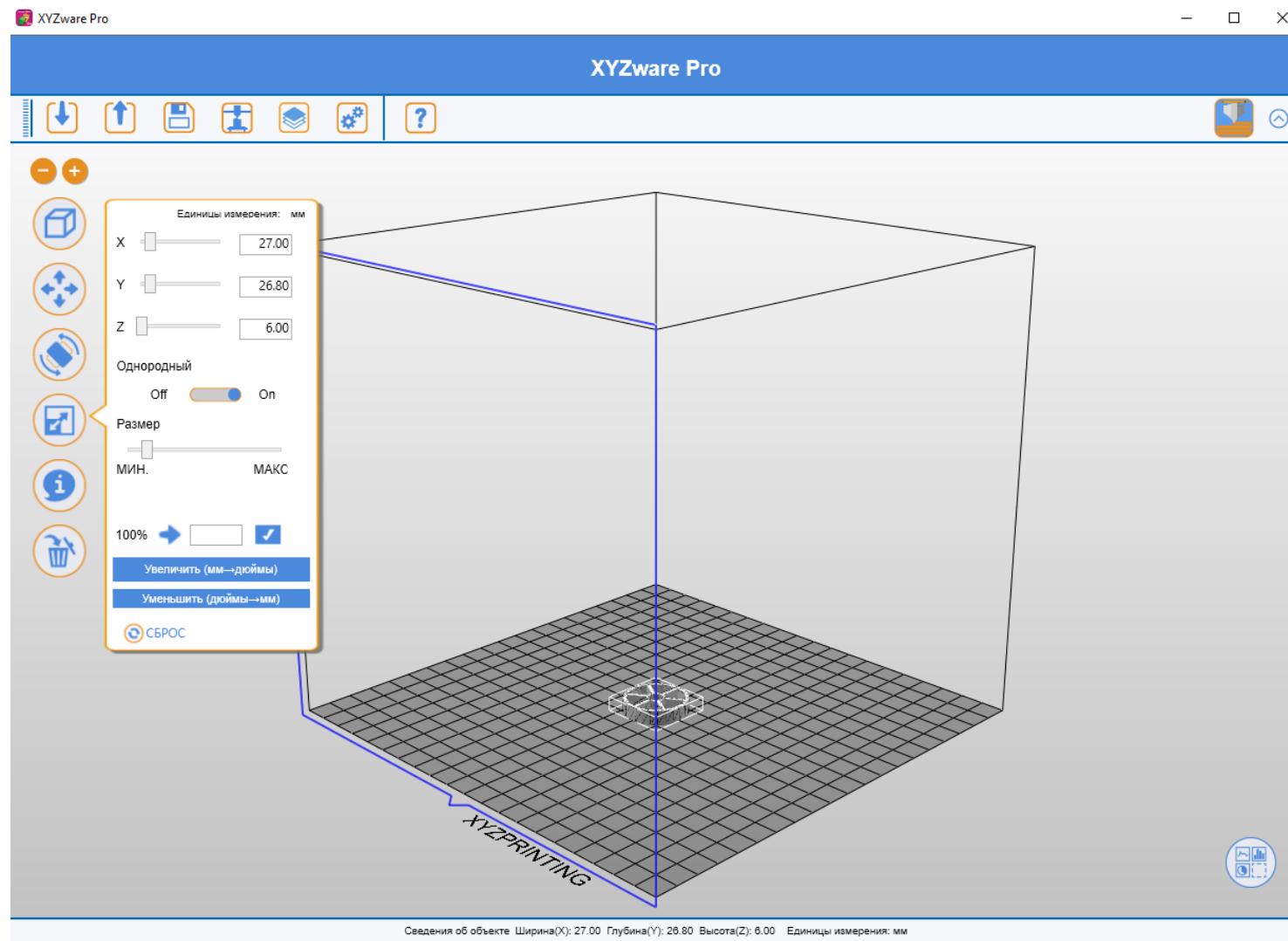
СЛАЙСЕР XYZ-PRINTING



СЛАЙСЕР XYZ-PRINTING



СЛАЙСЕР XYZ-PRINTING



СЛАЙСЕР XYZ-PRINTING

Печать

Печать

Профили

Создать Сохранить Загрузить Удалить

Принтер Общие Скорость Опоры Отвод Коэффициент выхода

Мой принтер

- Не подключен -

Картридж 1 - Не найден -

Профиль принтера

Мой принтер da Vinci 1.0 Pro 3in1

Картридж 1 ABS
(200 x 200 x 190 mm)

Температура

Сопло 1 210 °C

Платформа 90 °C

Отмена Сброс

Печать

Печать

Профили

Создать Сохранить Загрузить Удалить

Принтер Общие Скорость Опоры Отвод Коэффициент выхода

Слой

Толщина слоя 0.3 mm

Толщина оболочки

Обычная 2 layers

Верхняя поверхность 3 layers

Нижняя поверхность 3 layers

Заполнение

Плотность заполнения 10 %

Тип заполнения Прямолинейный

Отмена Сброс

СЛАЙСЕР XYZ-PRINTING

Печать

Печать

Профили

Создать Сохранить Загрузить Удалить

Принтер Общие Скорость Опоры Отвод Коэффициент выхода

Оболочка

Обычная	80	mm/s
Поверхность	30	mm/s
Небольшой радиус (менее 2,2 мм)	30	mm/s

Заполнение

Обычная	30	mm/s
Верхняя поверхность	30	mm/s
Сплошное заполнение	30	mm/s

Другое

Скорость печати перемычек	20	mm/s
Скорость перемещения без печати	45	mm/s
Скорость печати нижнего слоя	20	mm/s
Скорость отвода	40	mm/s

Автоматическая регулировка скорости для мелких деталей

Отмена Сброс

Печать

Печать

Профили

Создать Сохранить Загрузить Удалить

Принтер Общие Скорость Опоры Отвод Коэффициент выхода

Выбор экструдера

Экструдер для печати опорной структуры #1

Плот & Край

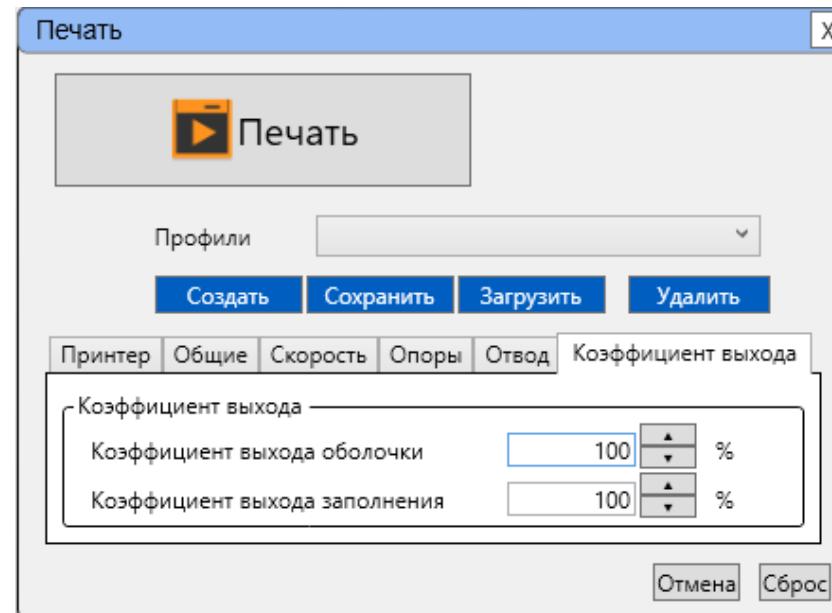
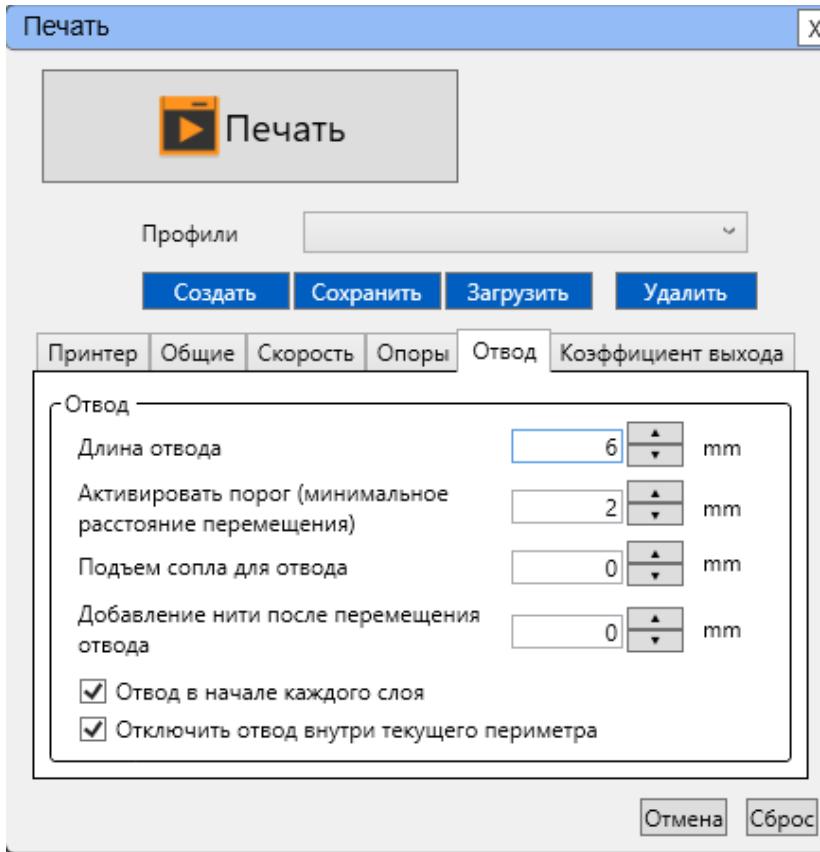
Плот
 Край
Ширина края 10 mm

Опоры

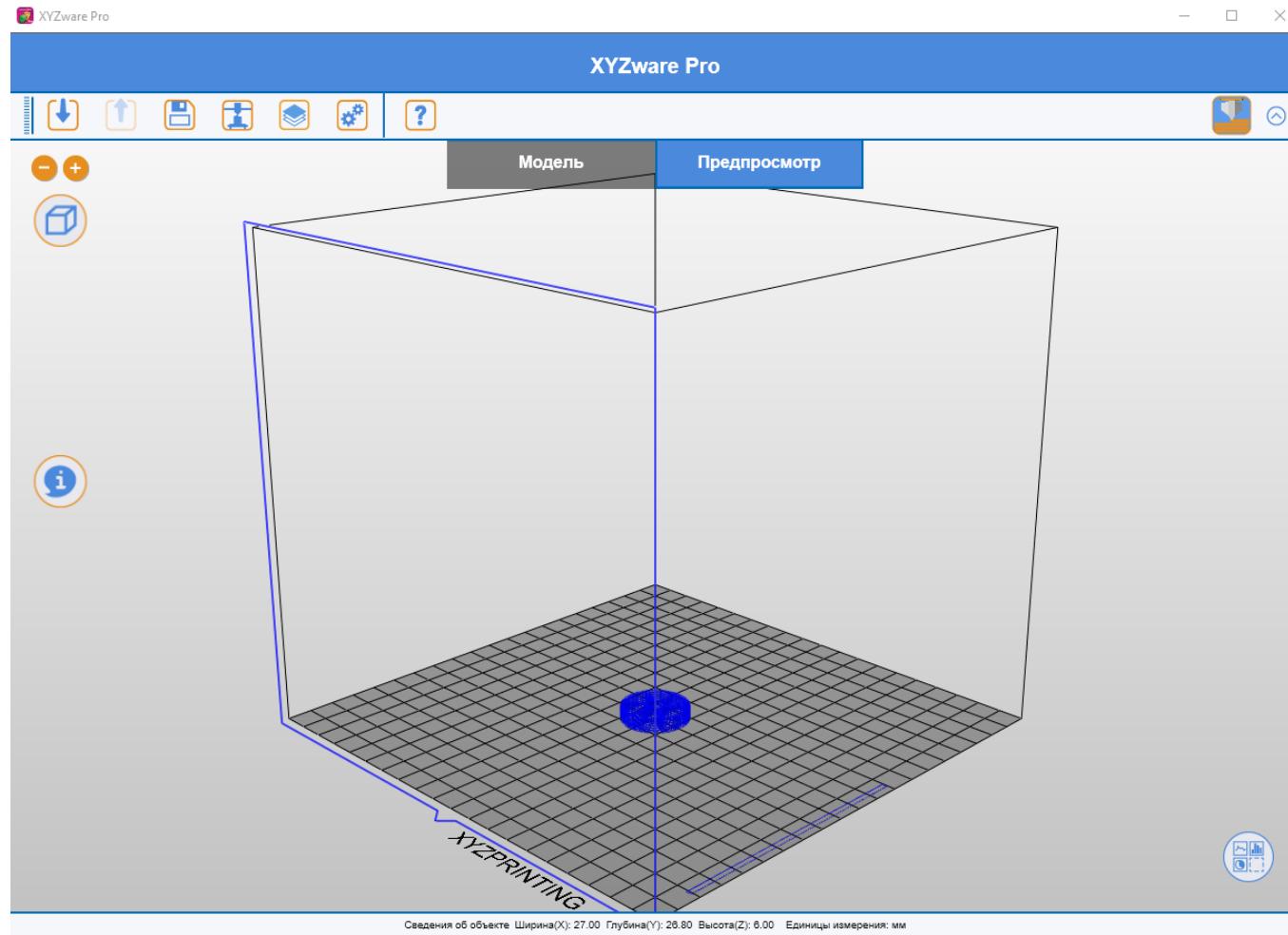
Опоры
Плотность опор Высокая

Отмена Сброс

СЛАЙСЕР XYZ-PRINTING



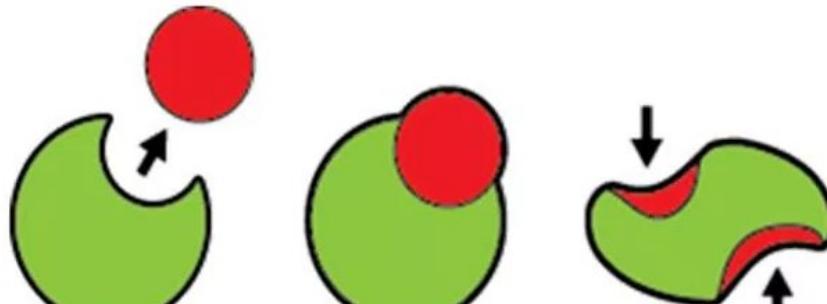
СЛАЙСЕР XYZ-PRINTING



АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (3D-ПЕЧАТЬ)



Способы производства



Субтрактивный

Аддитивный

Формирующий



1

Подготовка
CAD-модели

2

Создание
STL-файла

3

Разделение
на слои

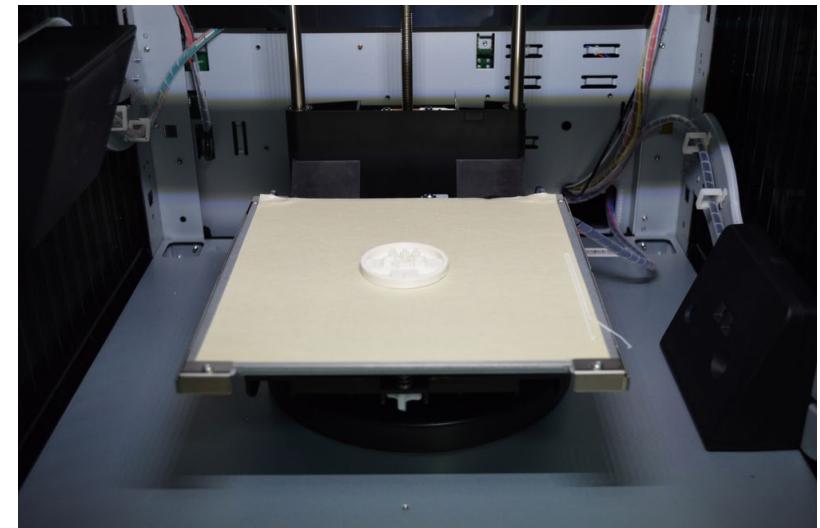
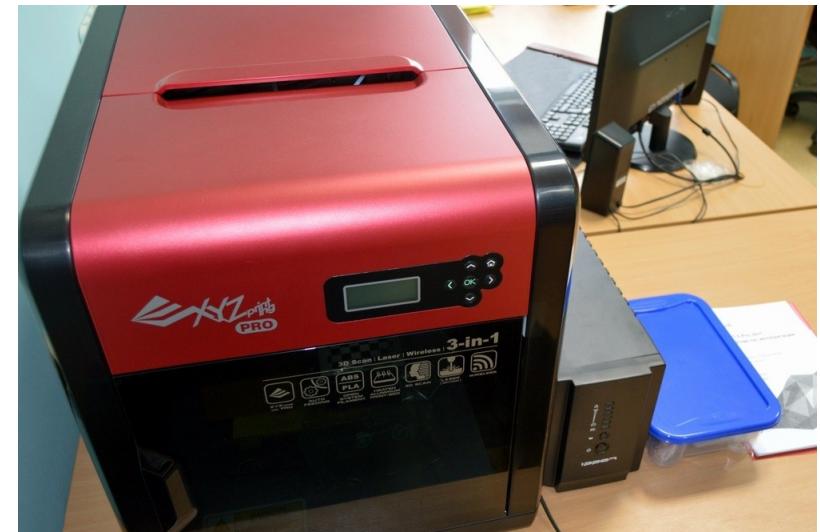
4
3D-печать

5

Финишная
обработка

6

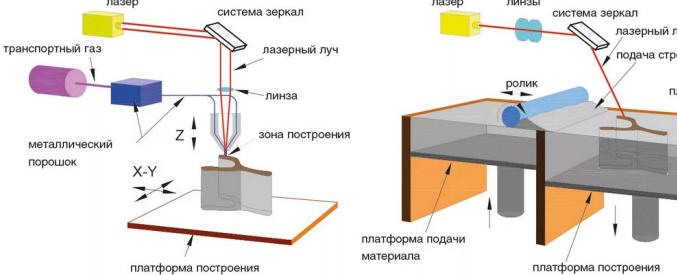
Готовое
изделие



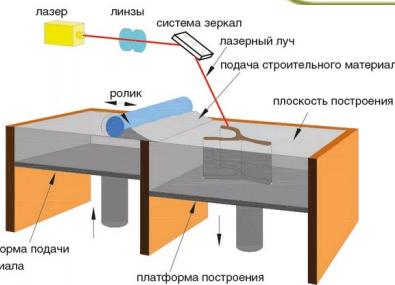
АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (3D-ПЕЧАТЬ)



SLM



SLS



Аддитивные технологии

Гранулы

SLS, SLM, MIM, CIM, InkJet, DMD, LENS, MJS, EBM

Листовой материал

UAM, LOM

Гель

MJM (PolyJet), SLA

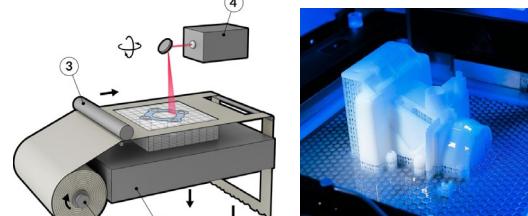
Проволока

FDM

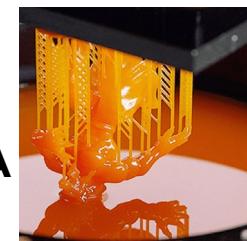
Фидсток

EBDM

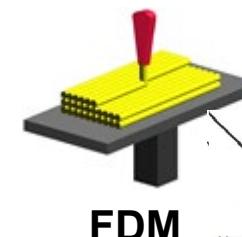
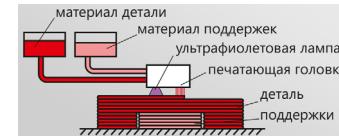
LOM



SLA



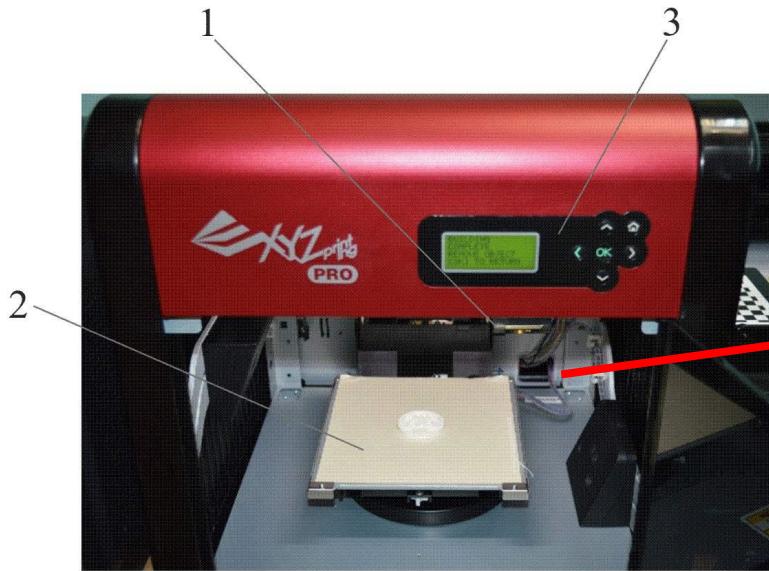
MJM



Характеристика

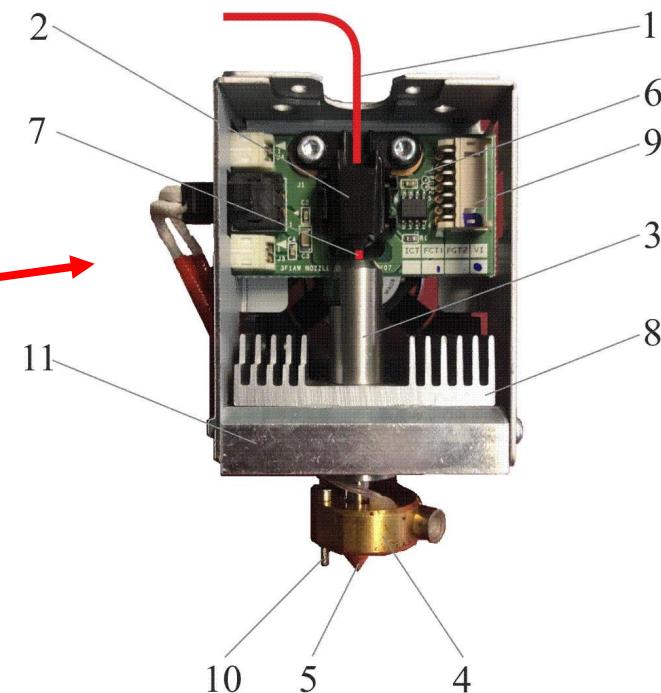
Вид пластика	ABS	PLA	HIPS	PETG	NYLON	ПОЛИКОРБАНАТ
Предел прочности	40 МПа	65 МПа	32 МПа	53 МПа	40-85 МПа	72 МПа
Жесткость	5/10	7.5/10	10/10	5/10	5/10	6/10
Прочность	8/10	4/10	7/10	8/10	10/10	10/10
Максимальная рабочая температура	98°C	52°C	100°C	73°C	80-95°C	121°C
Коэффициент теплового расширения	90 K ⁻¹	68 K ⁻¹	80 K ⁻¹	60 K ⁻¹	95 K ⁻¹	69 K ⁻¹
Плотность	1,04 гр/см ³	1,24 гр/см ³	1,03-1,04 гр/см ³	1,23 гр/см ³	1,06-1,14 гр/см ³	1,2 гр/см ³
Цена за метр, руб						
Легкость печати	6/10	9/10	6/10	9/10	8/10	6/10

ЗД-ПРИНТЕР XYZ Printing Da Vinci 1.0 PRO



Общий вид 3D-принтера XYZ
Printing Da Vinci 1.0 PRO:

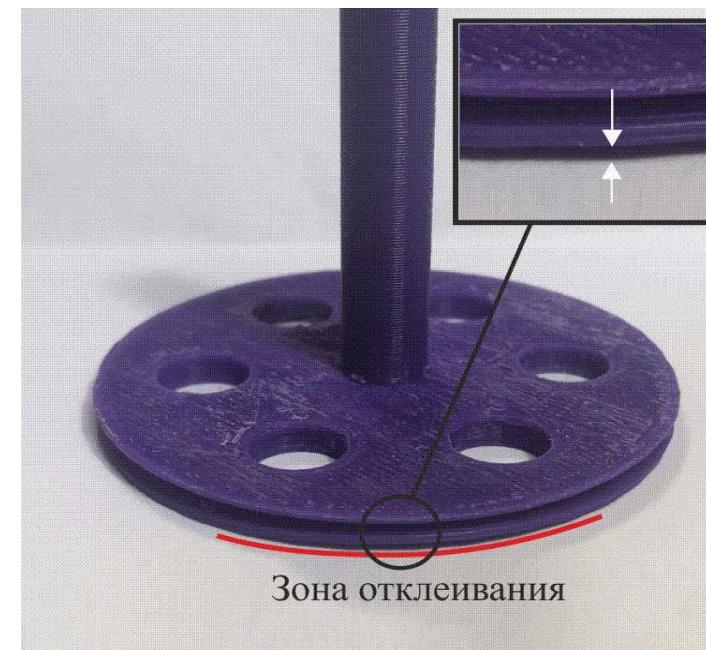
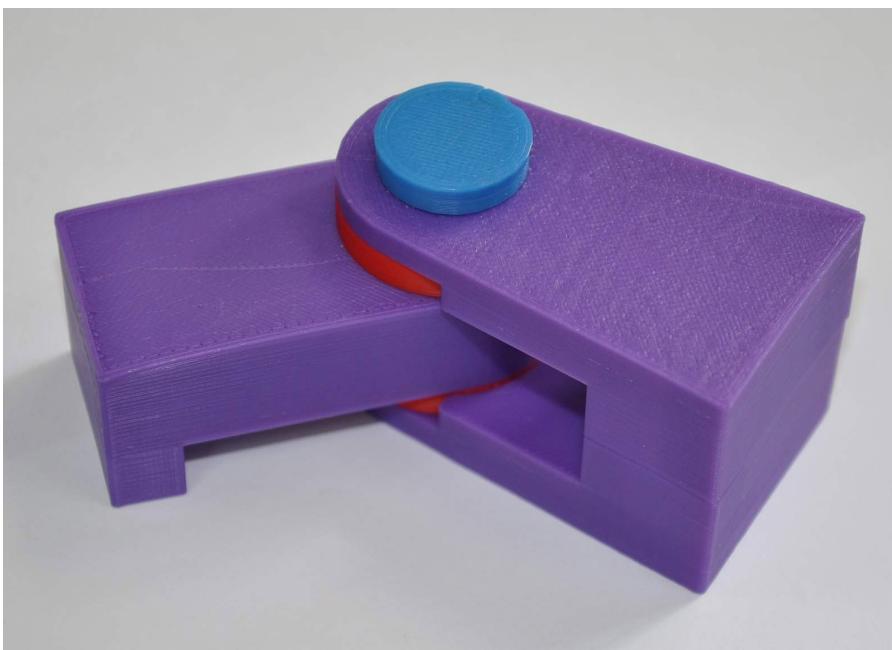
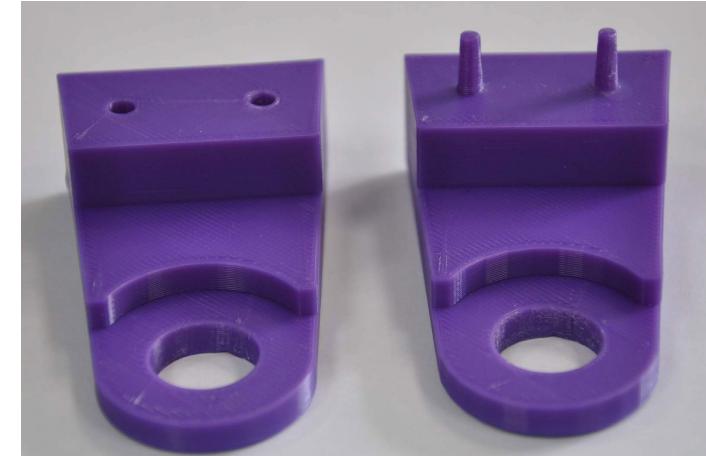
- 1 – печатающая головка;
- 2 – рабочий стол; 3 – панель
управления



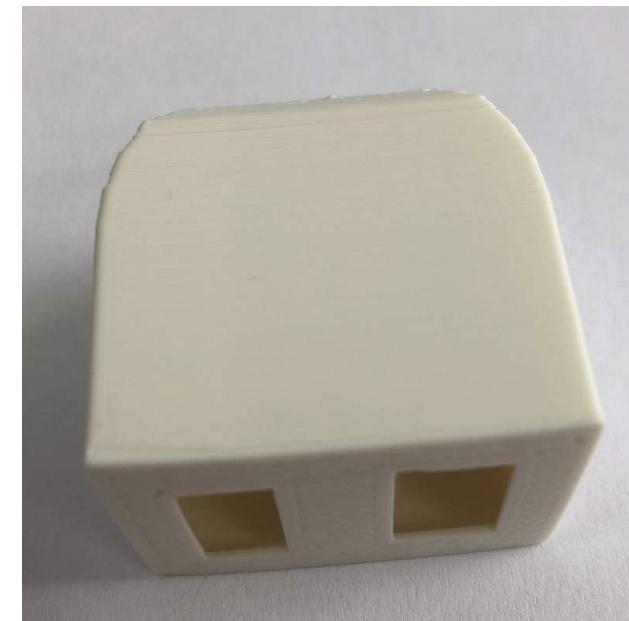
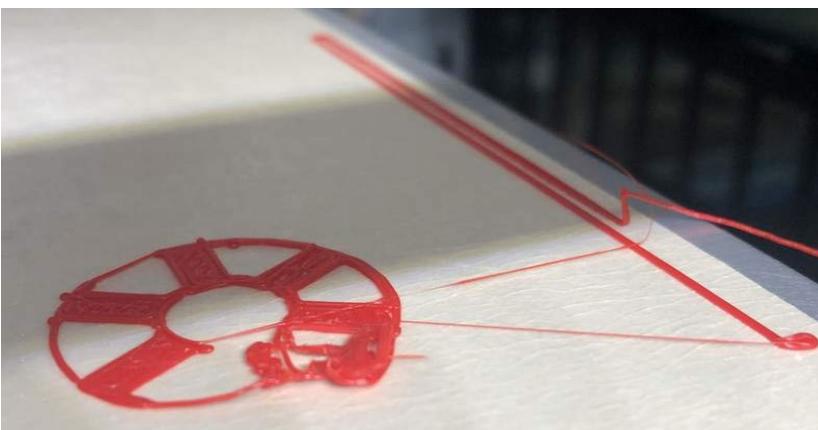
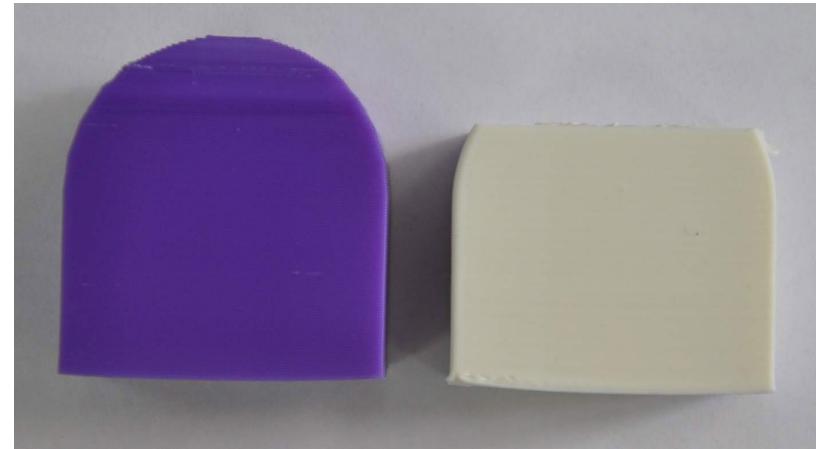
Конструкция печатающей головки 3D-принтера:

- 1 – пластиковая проволока (расходный материал для печати);
- 2 – зажим; 3 – направляющая втулка; 4 – экструдер; 5 – сопло;
- 6 – микроконтроллер печатающей головки; 7 – воздушный термоизоляционный зазор;
- 8 – радиатор охлаждения; 9 – разъем подключения питания и интерфейса управления;
- 10 – измерительный щуп; 11 – корпус

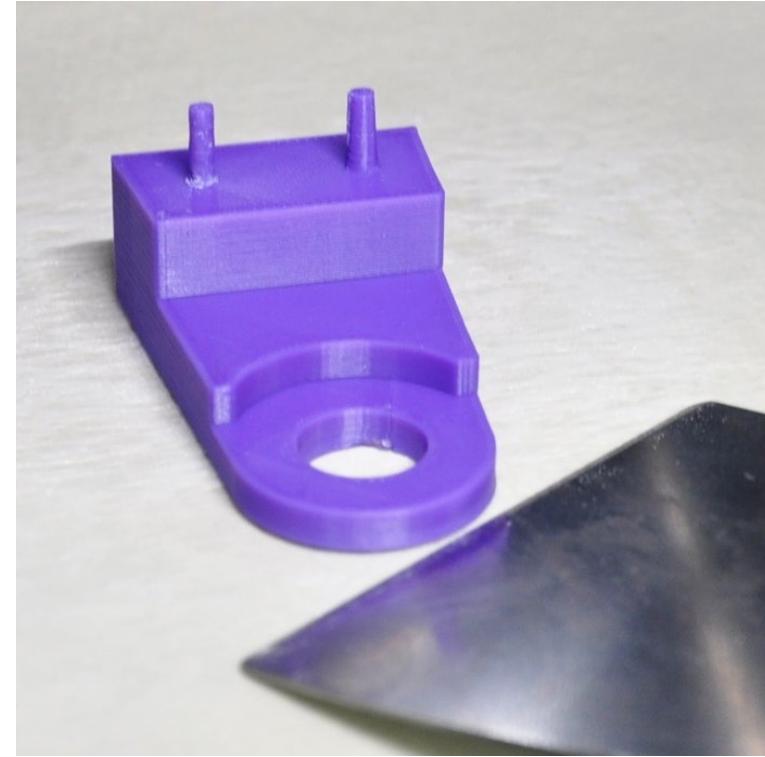
СЦЕПЛЕНИЕ ОБЪЕКТА С ПОДЛОЖКОЙ



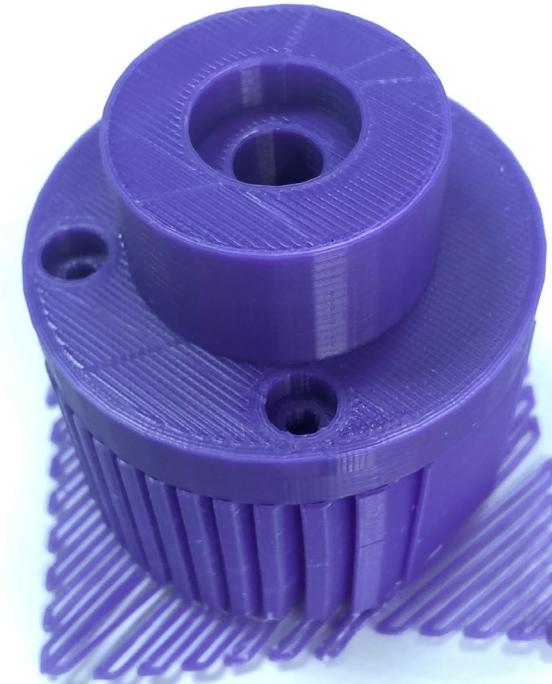
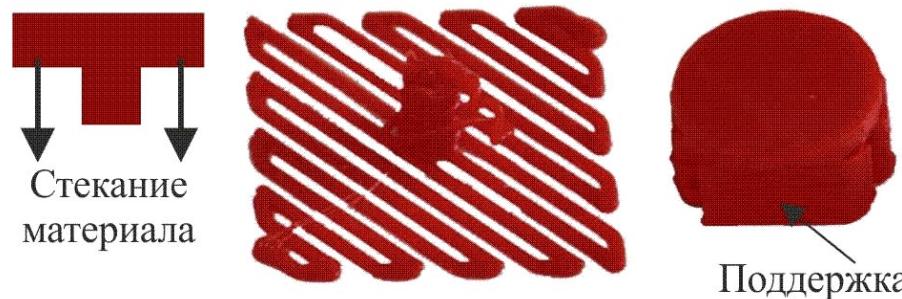
СЦЕПЛЕНИЕ ОБЪЕКТА С ПОДЛОЖКОЙ



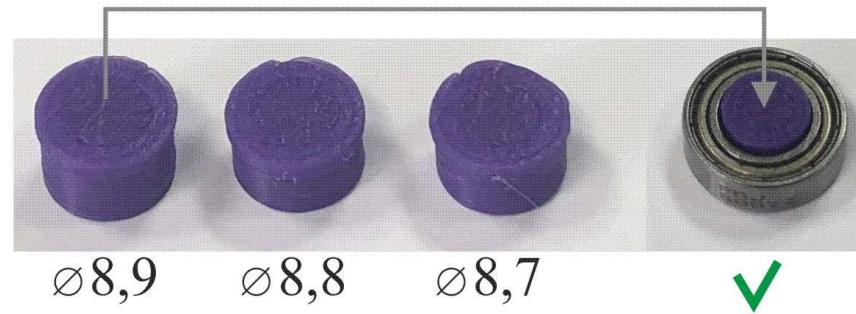
СЦЕПЛЕНИЕ ОБЪЕКТА С ПОДЛОЖКОЙ



ПОДДЕРЖКИ. ПЛОТ. ПОДБОР РАЗМЕРОВ



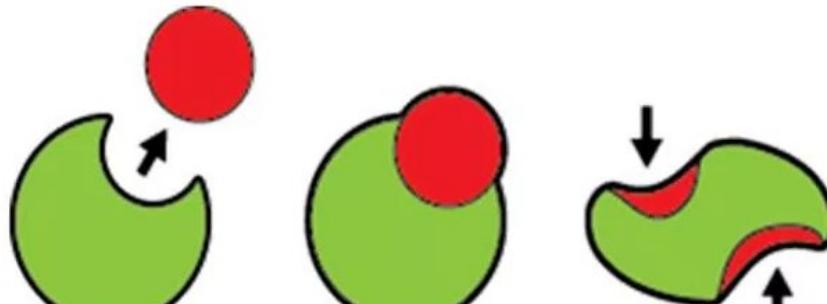
Подбор размеров



АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (3D-ПЕЧАТЬ)



Способы производства



Субтрактивный

Аддитивный

Формирующий



1

Подготовка
CAD-модели

2

Создание
STL-файла

3

Разделение
на слои

4

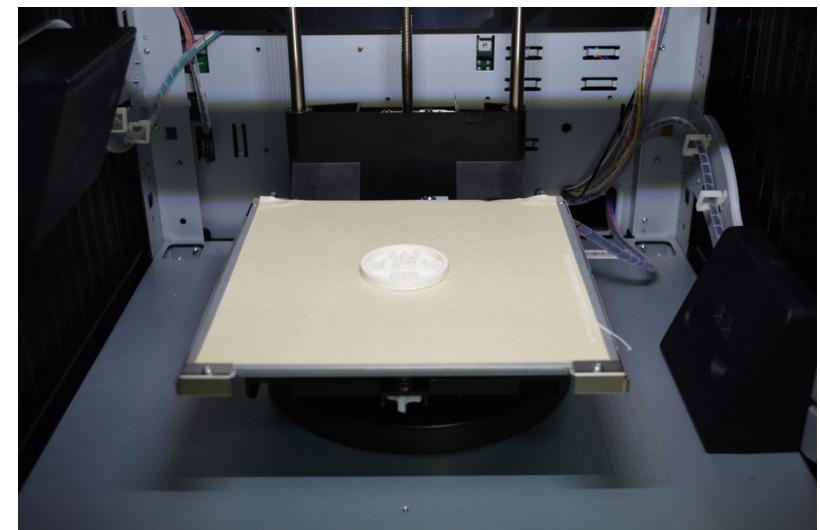
3D-печать

5

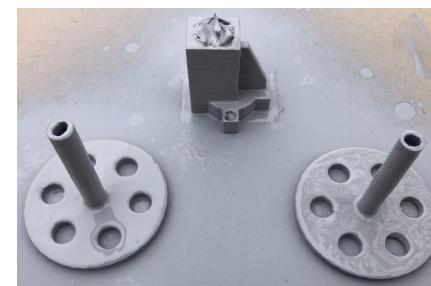
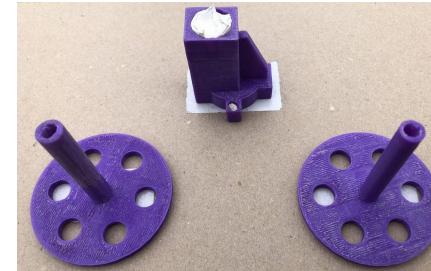
Финишная
обработка

6

Готовое
изделие



ФИНИШНАЯ ДОРАБОТКА ОБЪЕКТОВ



Механообработка.

Грунтовка.

Окраска.



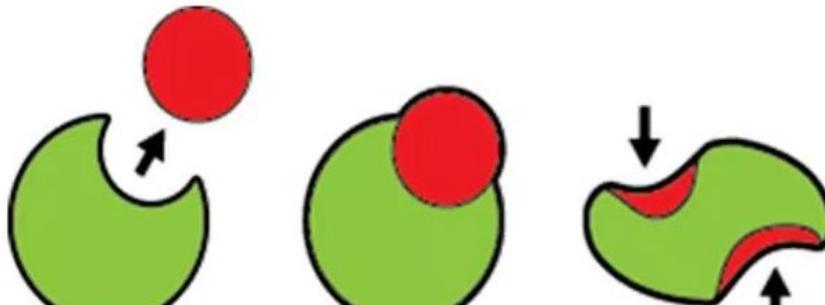
АЦЕТОНОВАЯ БАНЯ И РАБОТА С ДЕФЕКТАМИ



АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (3D-ПЕЧАТЬ)



Способы производства



Субтрактивный

Аддитивный

Формирующий



1

Подготовка
CAD-модели

2

Создание
STL-файла

3

Разделение
на слои

4

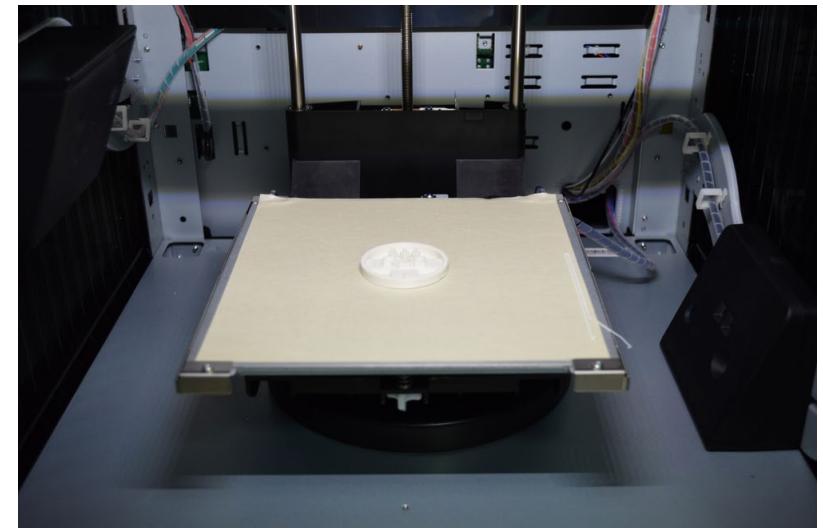
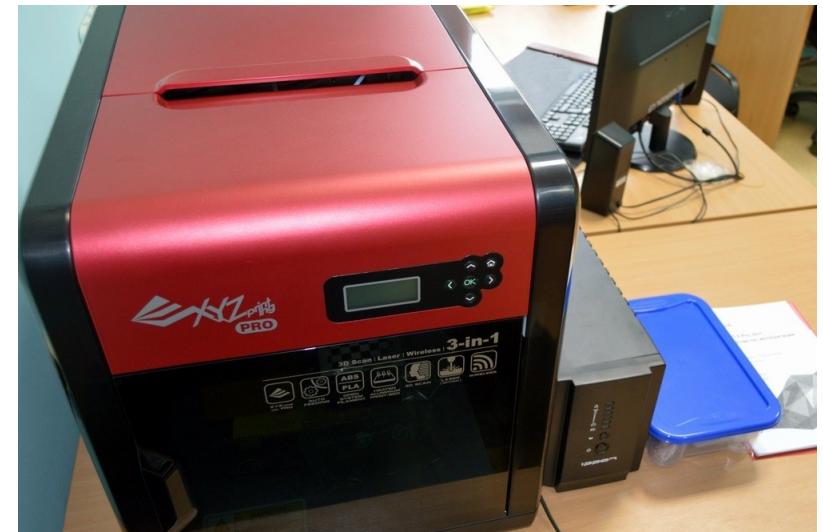
3D-печать

5

Финишная
обработка

6

Готовое
изделие



МАКЕТЫ МОБИЛЬНЫХ КАНАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ



ВИРТУАЛЬНАЯ И ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ



AR VR

ВИРТУАЛЬНАЯ И ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

OCULUS RIFT





Спасибо за внимание!

Лагерев Игорь Александрович
E-mail: lagerev-bgu@yandex.ru

Мастер-класс по применению технологий Индустрии 4.0

7 апреля 2021 года в рамках реализации плана мероприятий, посвященных Году науки и технологий, в университете состоялся мастер класс по применению технологий Индустрии 4.0 в профессиональной и повседневной деятельности. В качестве эксперта выступил профессор Игорь Александрович Лагерев. В мероприятии приняли участие студенты, в том числе председатели студенческих научных обществ всех факультетов университета.

В ходе мастер-класса были наглядно продемонстрированы приемы работы с 3D-принтером на основе технологии FDM. Студенты увидели все этапы процесса 3D-печати – от разработки трехмерной модели до финишной обработки готового изделия. 3D-принтеры могут использоваться студентами всех факультетов университета при решении профессиональных и повседневных задач. Например, историки и археологи могут создавать макеты исторических сооружений и копии культурных артефактов. Студенты творческих направлений подготовки могут изготавливать элементы художественных и ремесленных произведений. Студенты-химики – изготавливать модели молекул или элементы химического оборудования. Обучающиеся физико-математического факультета уже используют 3D-печать при выполнении дипломных работ. Данный список можно продолжать бесконечно. Поэтому одной из важнейших целей мероприятия являлась наглядная демонстрация потенциальных возможностей 3D-печати для более активного вовлечения студенческой молодежи в использование этой перспективной технологии.

Также на мастер-классе были продемонстрированы системы виртуальной реальности и программные среды для разработки виртуальных сцен. К сожалению, в силу ограничения мероприятия по времени не все участники смогли лично испытать погружение в мир виртуальной реальности. Однако следует отметить, что студенты ряда направлений подготовки физико-математического и филологического факультетов уже несколько лет изучают системы виртуальной реальности на занятиях по сквозным цифровым технологиям. Недавно в рамках Дней науки в БГУ на факультете физической культуры прошла лекция-визуализация «Виртуальная реальность в образовании».

Руководство и профессорско-преподавательский состав университета уделяет особое внимание внедрению современных технологий в образовательный процесс. Поэтому серия подобных мероприятий будет продолжена. Часть из них будет проходить в рамках реализации плана мероприятий Федеральной инновационной площадки нашего университета.

Мероприятие проводится в рамках реализации плана работы Федеральной инновационной площадки в сфере образования и науки (ФИП). Напомним, что статус ФИП был присвоен Брянскому государственному университету приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 25.12.2020 г. №1580. Федеральные инновационные площадки – это организации, осуществляющие образовательную деятельность, реализующие инновационные проекты или программы, которые имеют существенное значение для обеспечения модернизации и развития системы образования с учётом основных направлений социально-экономического развития Российской Федерации, реализации приоритетных направлений государственной политики Российской Федерации в сфере образования.





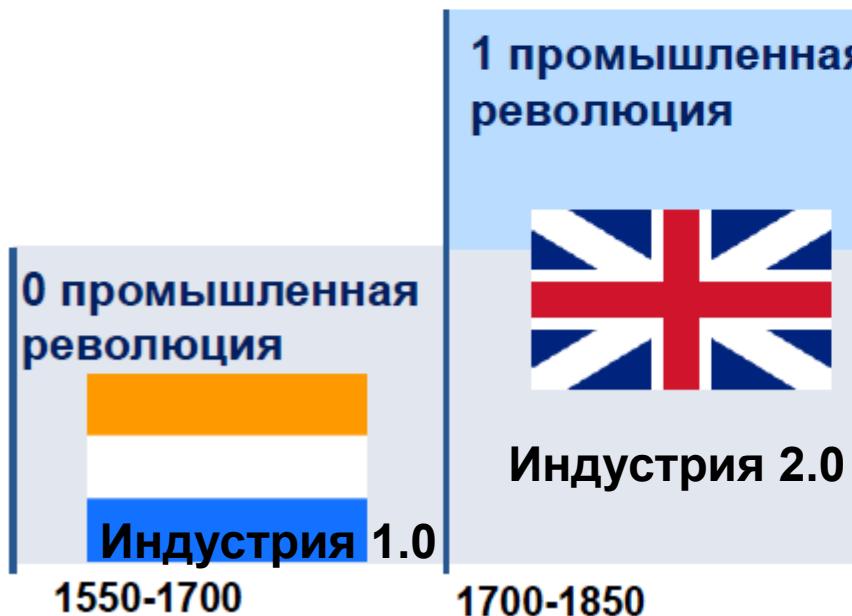
Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского»
ИНОЦ цифровых технологий Индустрии 4.0

Мастер-класс для студентов по применению сквозных цифровых технологий Индустрии 4.0 в профессиональной и повседневной деятельности

Материалы для мастер-класса проф. И.А. Лагерева

Брянск, 7 апреля 2021 г.

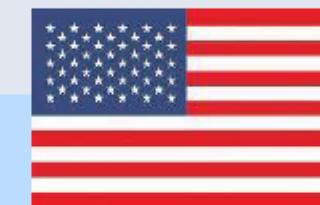
СМЕНА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УКЛАДОВ



3 промышленная
революция

Индустрия 4.0

2 промышленная
революция



Индустрия 3.0



Сегодня

К 2050 определимся

СМЕНА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УКЛАДОВ

	«0-я» ПР 1550-1700	I ПР 1700-1850	II ПР 1850-2000
Политические институты	Патентное право	Институт лицензирования	Роялти
«Клеточка»	Кластер	Фабрика	ТНК
Технологии мышления	Конструирование	Проектирование	Исследование
Технологии	<ul style="list-style-type: none">▶ лес, камень▶ торф, ветер▶ флит 	<ul style="list-style-type: none">▶ чугун, железо▶ уголь, пар▶ пароход, паровоз▶ хирургия, наркоз▶ с/х аппараты 	<ul style="list-style-type: none">▶ сталь, алюминий, пластик▶ нефть, газ, гидро- и э/э▶ а/м, самолет, спутник 
Инфраструктура	<ul style="list-style-type: none">▶ Каналы▶ трекварты▶ каналы для доб торфа▶ почтовая связь▶ польдеры	<ul style="list-style-type: none">▶ дороги с твердым покрытием▶ железные дороги▶ телеграф	<ul style="list-style-type: none">▶ аэродромы, сист. РЛС, свет. сигналов▶ высокоскоростные ж/д▶ ЛЭП, газо- и нефтепроводы▶ телефон, радио, ТВ
Социальная структура	Буржуазия (городской класс)	Пролетариат (наёмный труд)	Салариат (наемные служащие)

Открытый доступ

- Сетевая ТНК
- Гига-города
- Инновационный кластер*

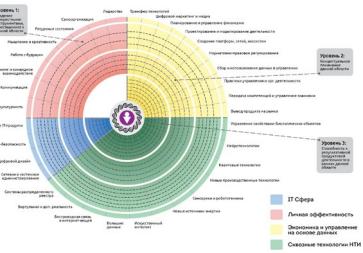
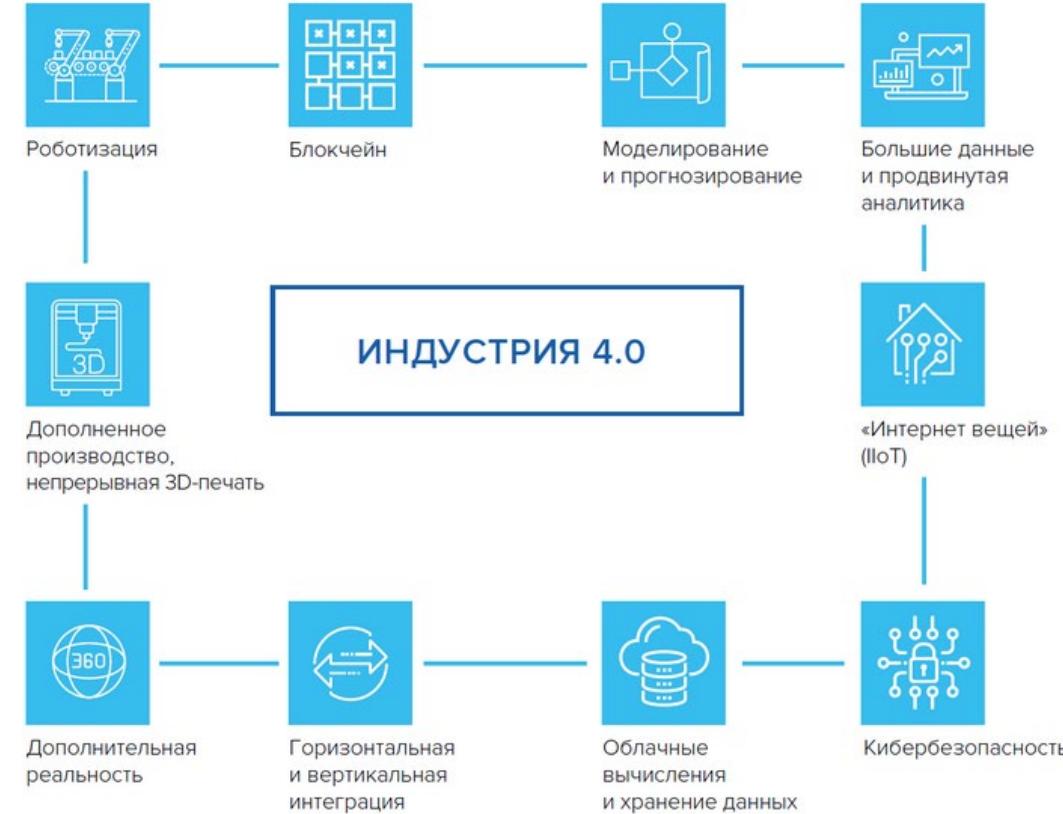
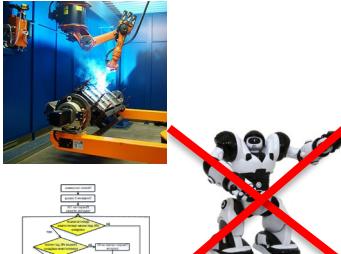
Программирование

Технологии Индустрии 4.0

- ВСМ, беспилотники
- Безуглеродная и зеленая энергетика
- Высокоскоростные компьютерные сети

Пользователи сетевых сервисов

ТЕХНОЛОГИИ ИНДУСТРИИ 4.0



Как в 80-90-е годы ХХ века повсеместно вводились курсы информатики, так сейчас нужны курсы по Индустрии 4.0!

ФЕДЕРАЛЬНАЯ ИННОВАЦИОННАЯ ПЛОЩАДКА

Статус присвоен приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1580.

Задачи проекта

- Подготовка будущих и переподготовка действующих педагогов к эффективному формированию устойчивых компетенций в области цифровой экономики и технологий Индустрии 4.0 у обучающихся общеобразовательных организаций.
- Всестороннее информирование жителей региона о способах применения технологий цифровой экономики и Индустрии 4.0 для решения повседневных и профессиональных задач.
- Разработка и апробация учебно-методической документации и инновационного содержания курсов дополнительного профессионального образования в области использования технологий цифровой экономики и Индустрии 4.0, пригодных для дальнейшего тиражирования на всей территории Российской Федерации.



19-23 апреля 2021 **IT-чемпионат**
https://vk.com/open_it_2021

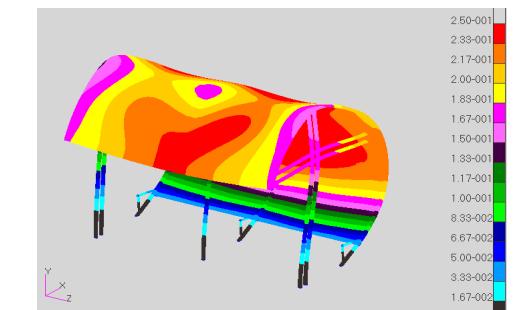
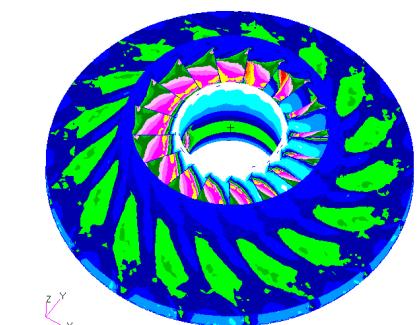
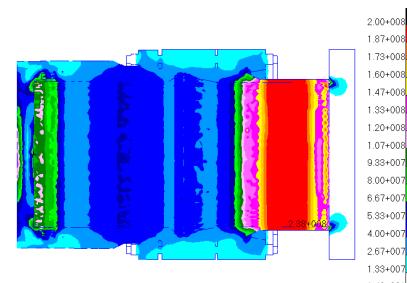
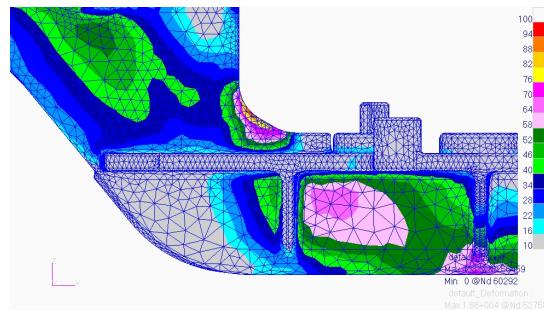
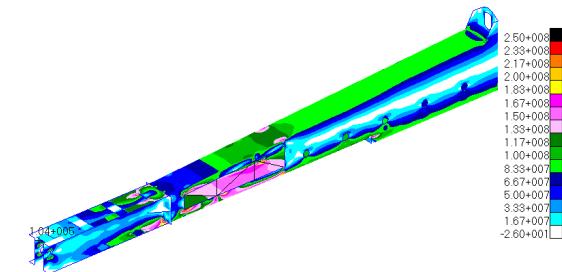
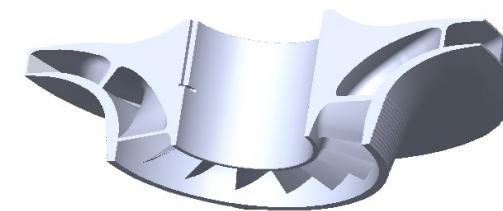
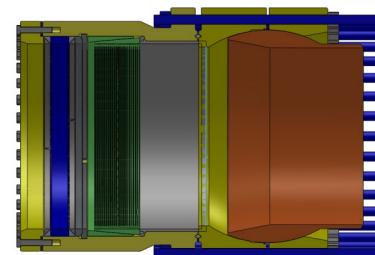
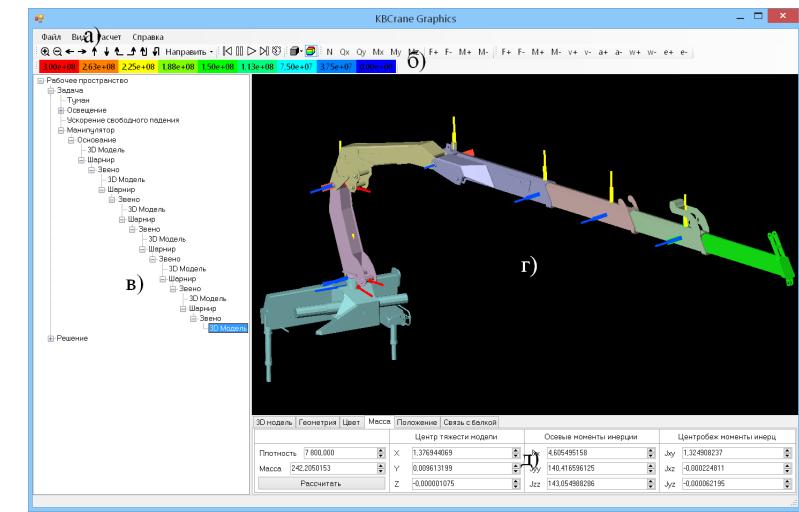
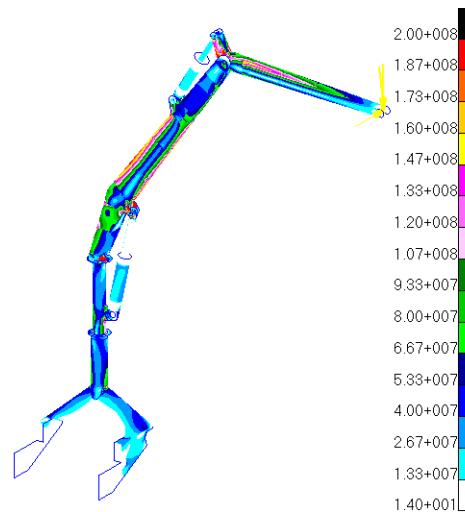
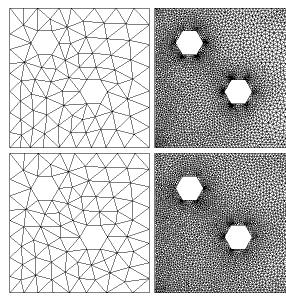
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

$$\frac{\partial \sigma}{\partial x} - P(x) = 0$$

$$\sigma = E\varepsilon$$

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$$

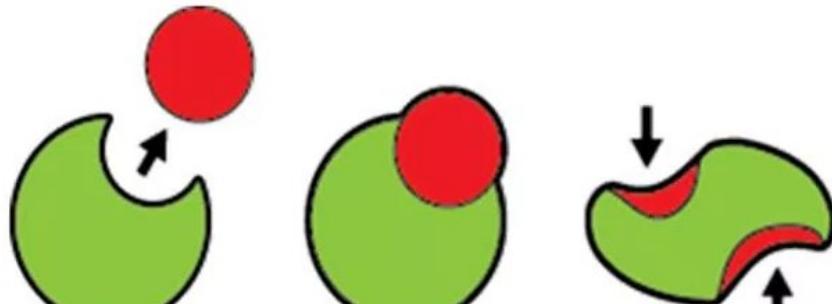
$$MU'' + CU' + KU = F(t)$$



АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (3D-ПЕЧАТЬ)



Способы производства



Субтрактивный

Аддитивный

Формирующий



1

Подготовка
CAD-модели

2

Создание
STL-файла

3

Разделение
на слои

4

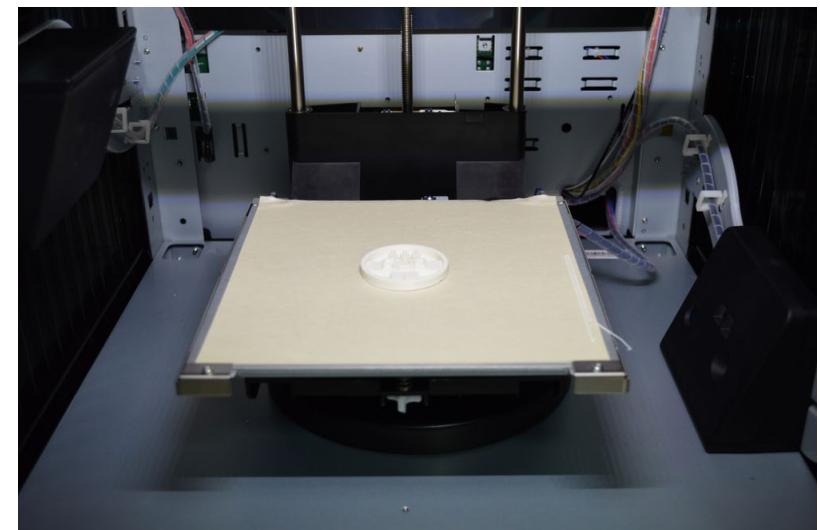
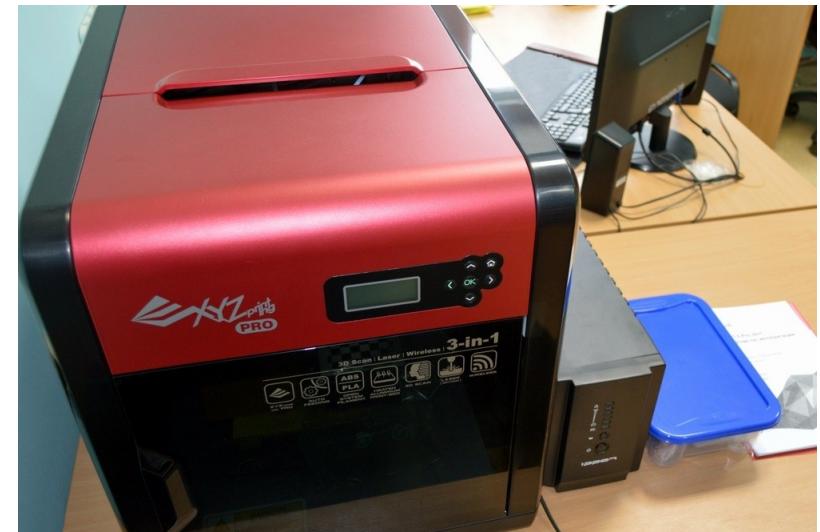
3D-печать

5

Финишная
обработка

6

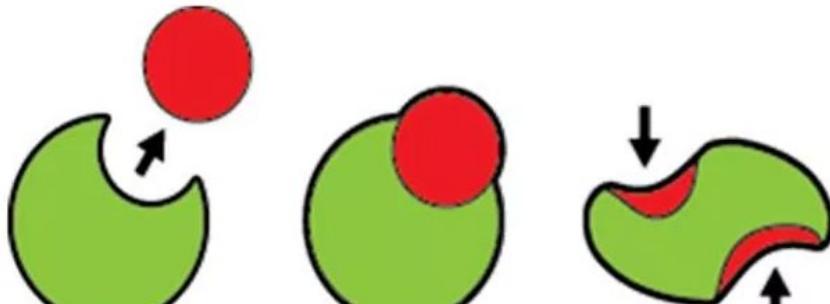
Готовое
изделие



АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (3D-ПЕЧАТЬ)



Способы производства



Субтрактивный

Аддитивный

Формирующий



1

Подготовка
CAD-модели

2

Создание
STL-файла

3

Разделение
на слои

4

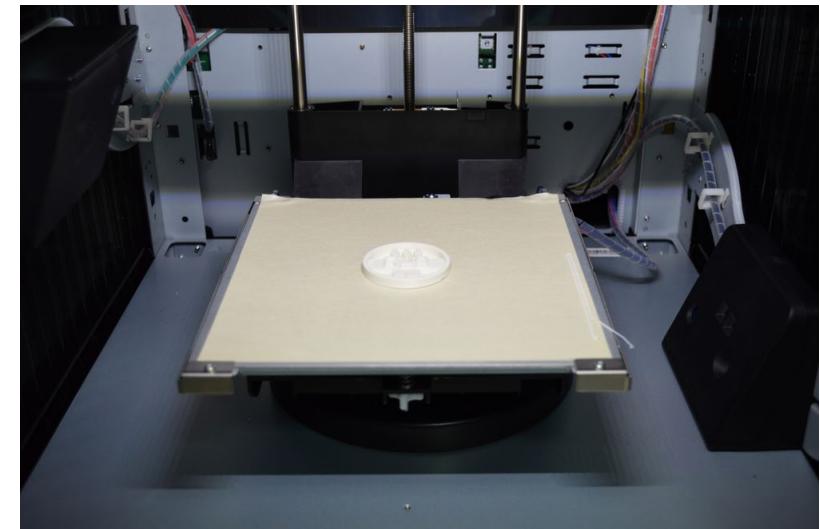
3D-печать

5

Финишная
обработка

6

Готовое
изделие

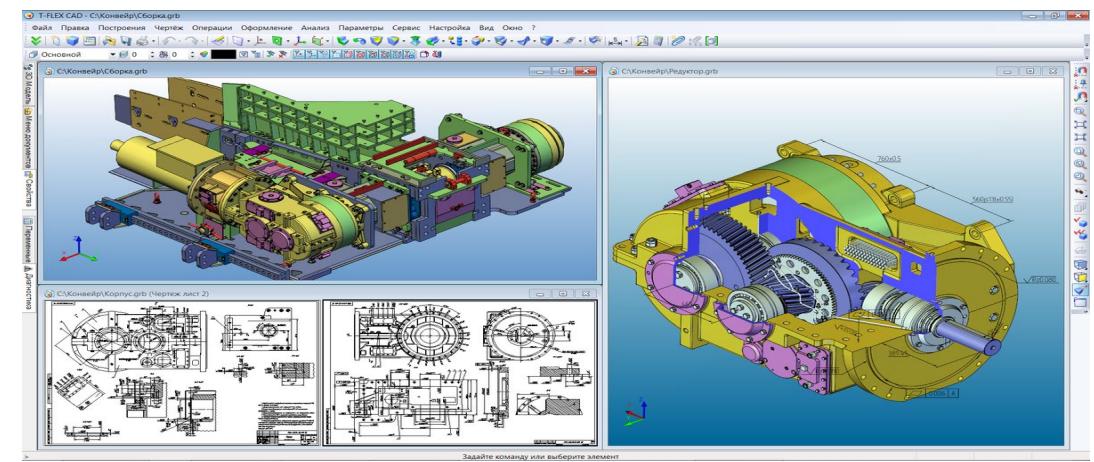


ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Одним из наиболее важных этапов проектирования машиностроительных изделий является этап конструирования. Значимость его не только в том, что на этом этапе формируется концептуальный облик будущего изделия, но и в том, что именно на этапе конструирования создаются математически точные геометрические модели как отдельных деталей, так и всего изделия, которые будут играть определяющую роль на всех последующих этапах ЖЦ.

В основе автоматизированного конструирования (CAD) лежит:

Геометрическое моделирование – совокупность операций и процедур, включающих формирование геометрической модели объекта и ее преобразование с целью получения желаемого изображения объекта и определения его геометрических свойств.



ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Твердое тело – заполненная «материалом» замкнутая область пространства.

Твердое тело характеризуется:

- многогранным представлением
- историей своего создания.

Другие параметры твердого тела:

- параметры материала
- параметры отображения

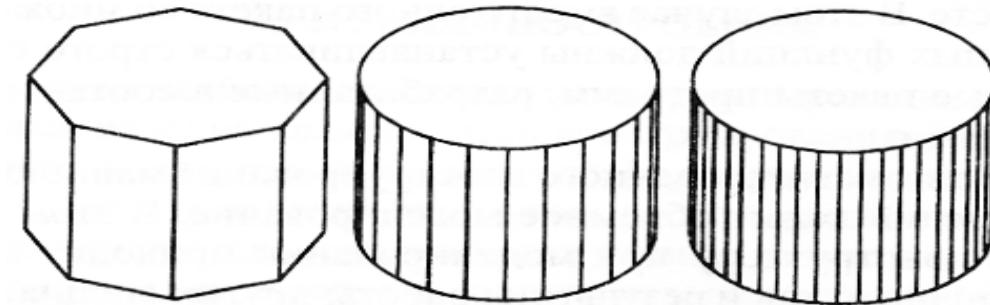
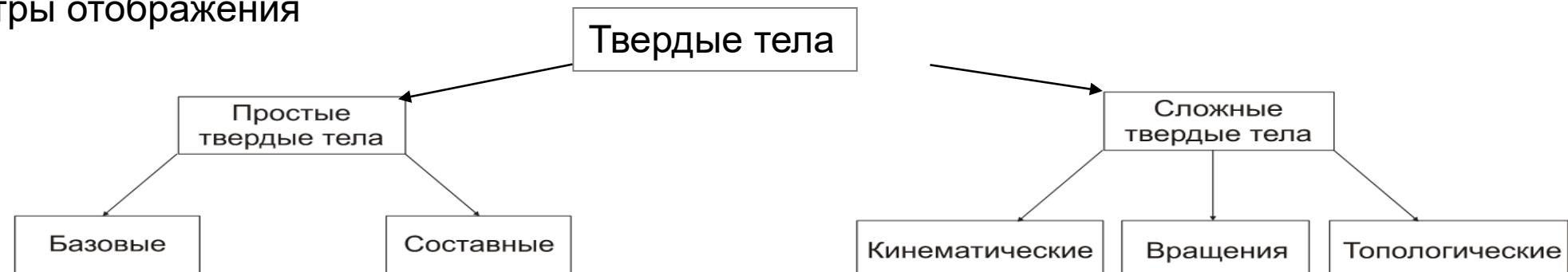


Рис. 3.1. Точность отображения цилиндра

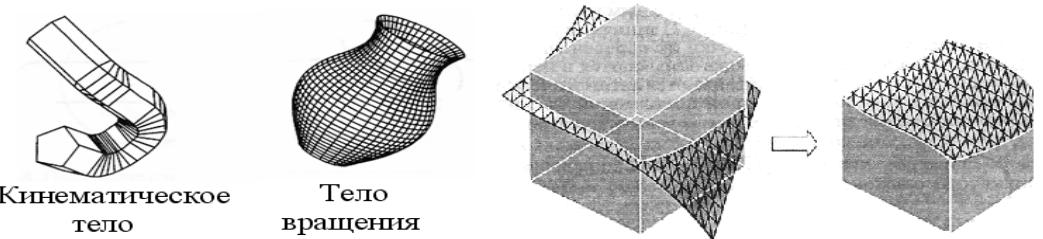


Базовые тела (твёрдотельные примитивы) – это параллелепипед, цилиндр, шар, конус и др.

Они строятся с указанием формообразующих линий и контуров или с помощью задания значений параметров.

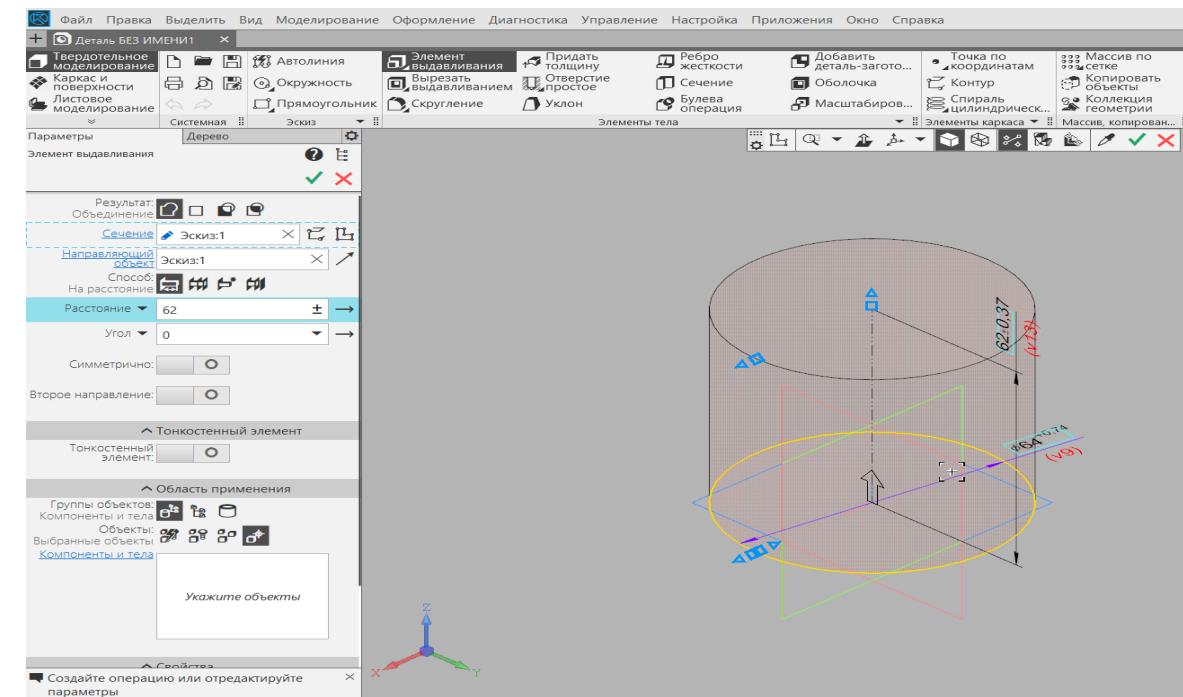


Составные тела формируются в результате топологических операций (булевы функции сложения, вычитания, пересечения) над базовыми телами. В данном случае базовые тела называют *конструктивными элементами* сложного тела

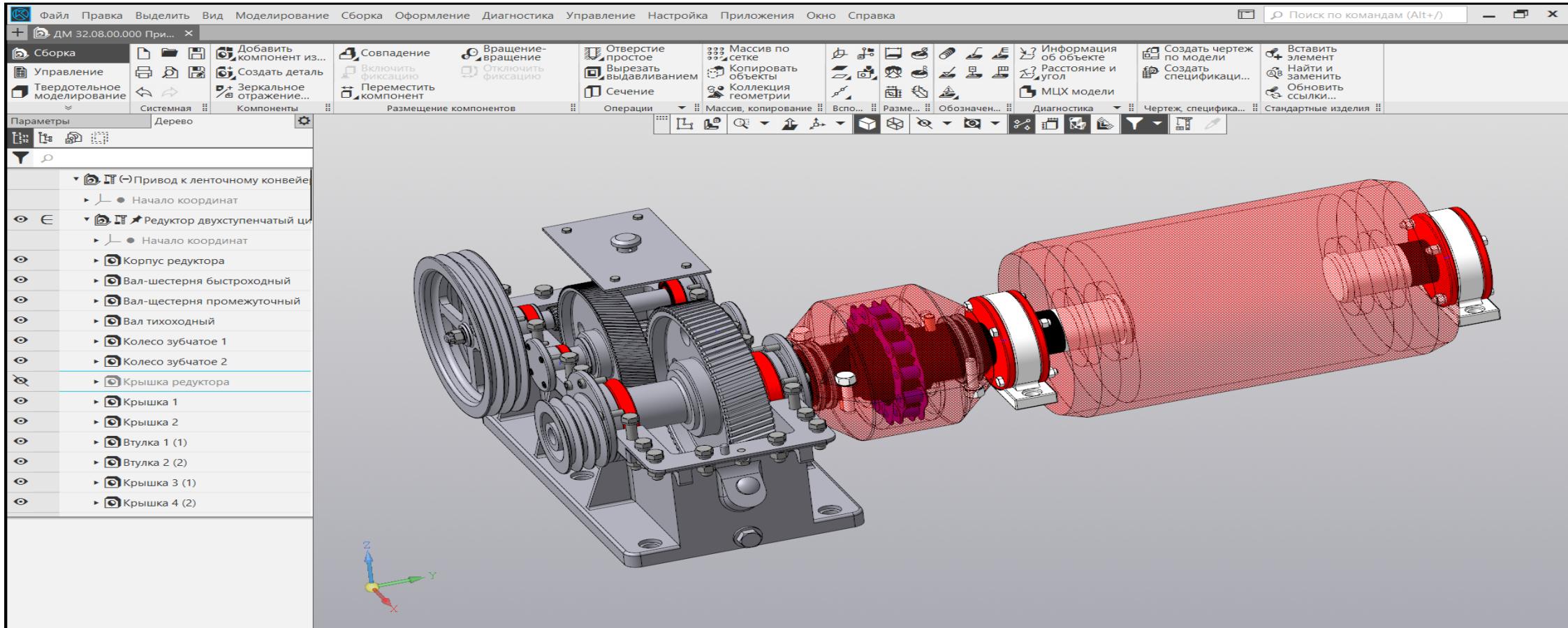


ОСНОВНЫЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ

- Операция выдавливания
- Операция вращения
- Операция по сечениям
- Кинематическая операция
- Булева операция
- Массив элементов
- Скругления и фаски
- Отверстия
- Ребра
- Создание объема
- Вырезание объема



ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС КОМПАС-3D

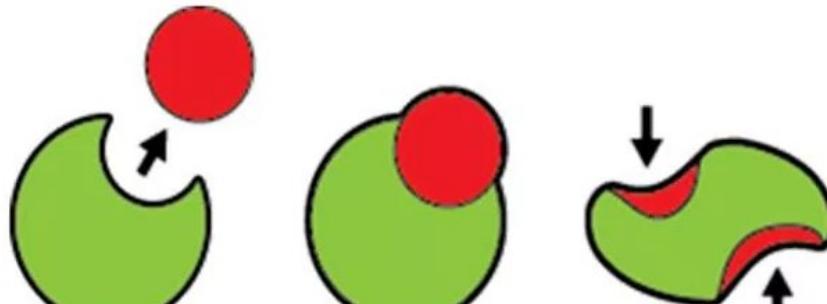


Разработчик: АСКОН (Россия)

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (3D-ПЕЧАТЬ)



Способы производства



1
Подготовка
CAD-модели

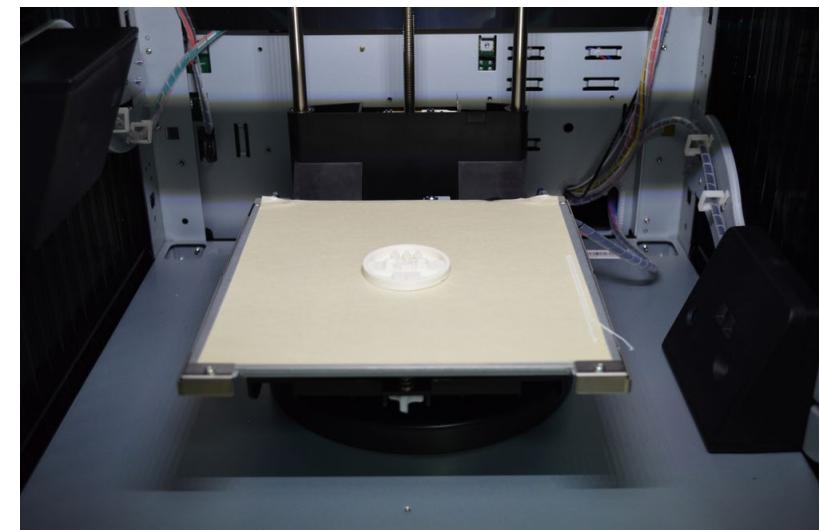
2
Создание
STL-файла

3
Разделение
на слои

4
3D-печать

5
Финишная
обработка

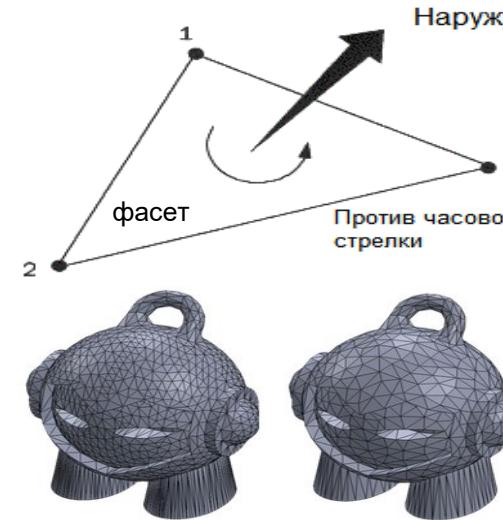
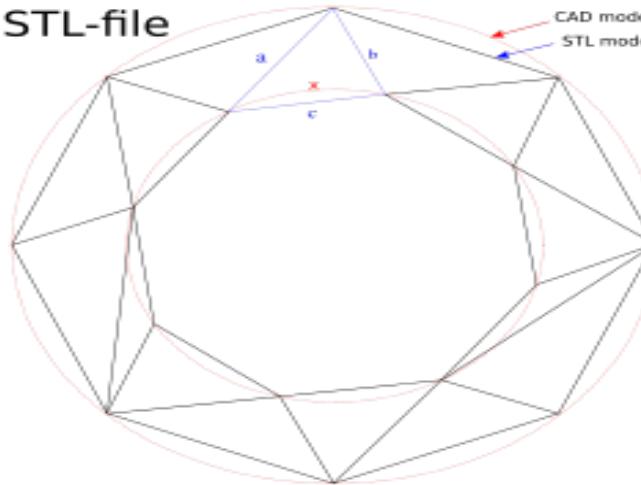
6
Готовое
изделие



ФОРМАТ STL

Формат изначально разработан для использования в аддитивных технологиях (для прототипирования с помощью стереолитографии).

STL-file



Стереолитография

Структура файла:

`solid name`

`facet normal ni nj nk`

`outer loop`

`vertex v1x v1y v1z`

`vertex v2x v2y v2z`

`vertex v3x v3y v3z`

`endloop`

`endfacet`

`endsolid name`

Поддерживаются в САПР:

ADEM CAD

Meshlab

Blender 3D

Kompas 3D

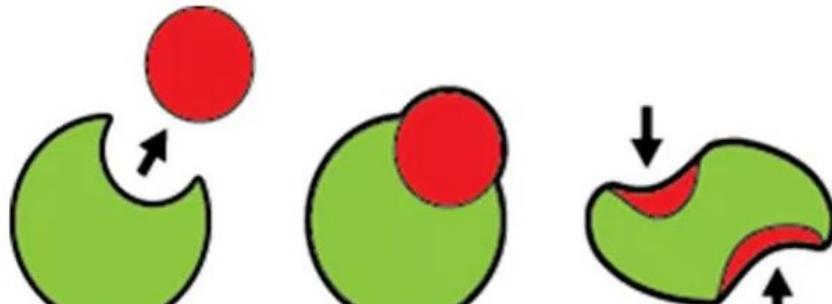
T-FLEX CAD

Wings 3D

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (3D-ПЕЧАТЬ)



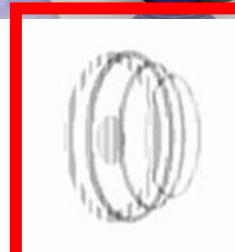
Способы производства



Субтрактивный

Аддитивный

Формирующий



1

Подготовка
CAD-модели

2

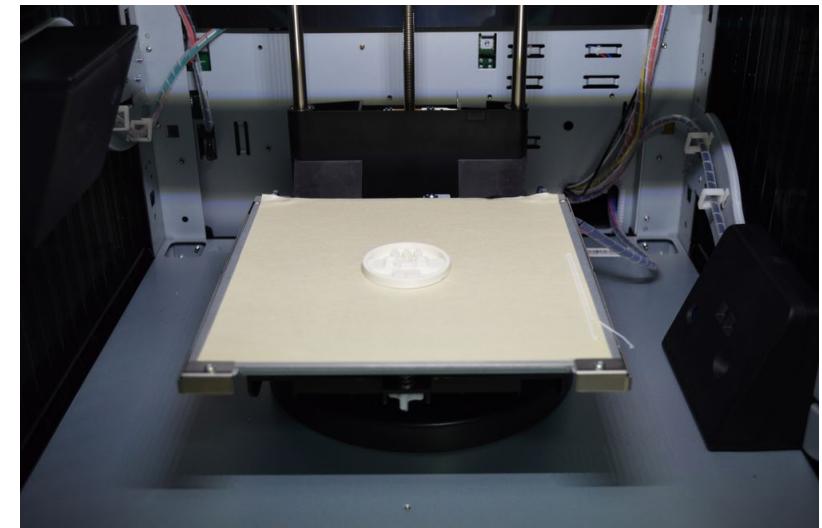
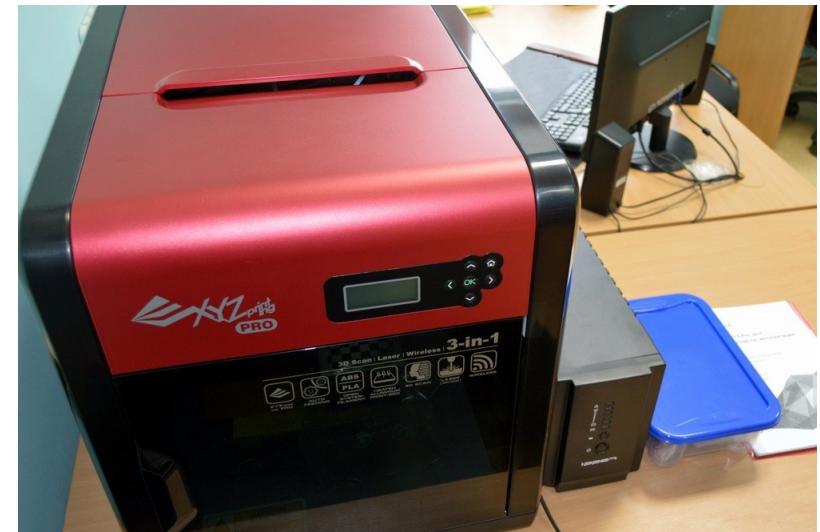
Создание
STL-файла

3
Разделение
на слои

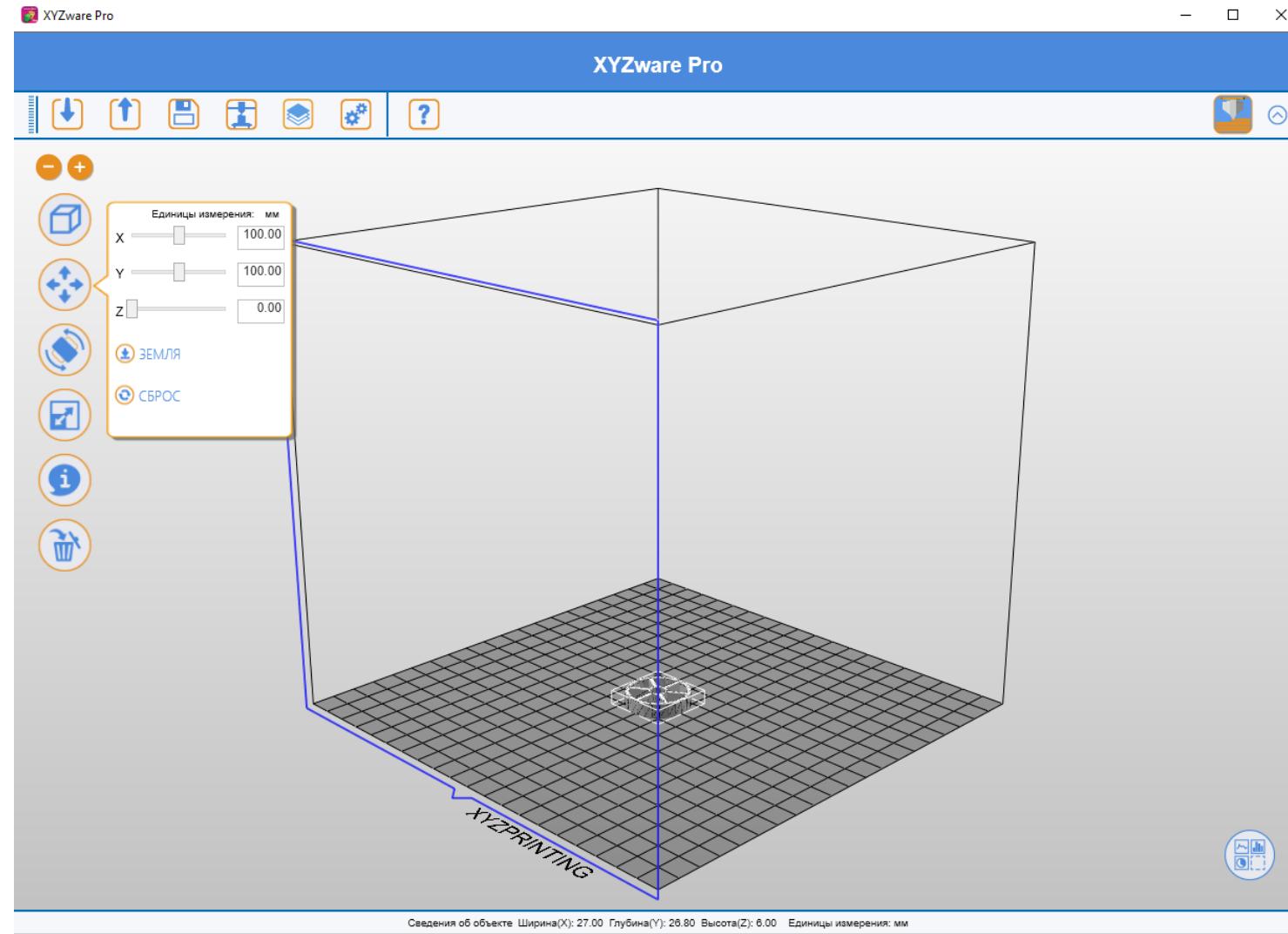
4
3D-печать

5
Финишная
обработка

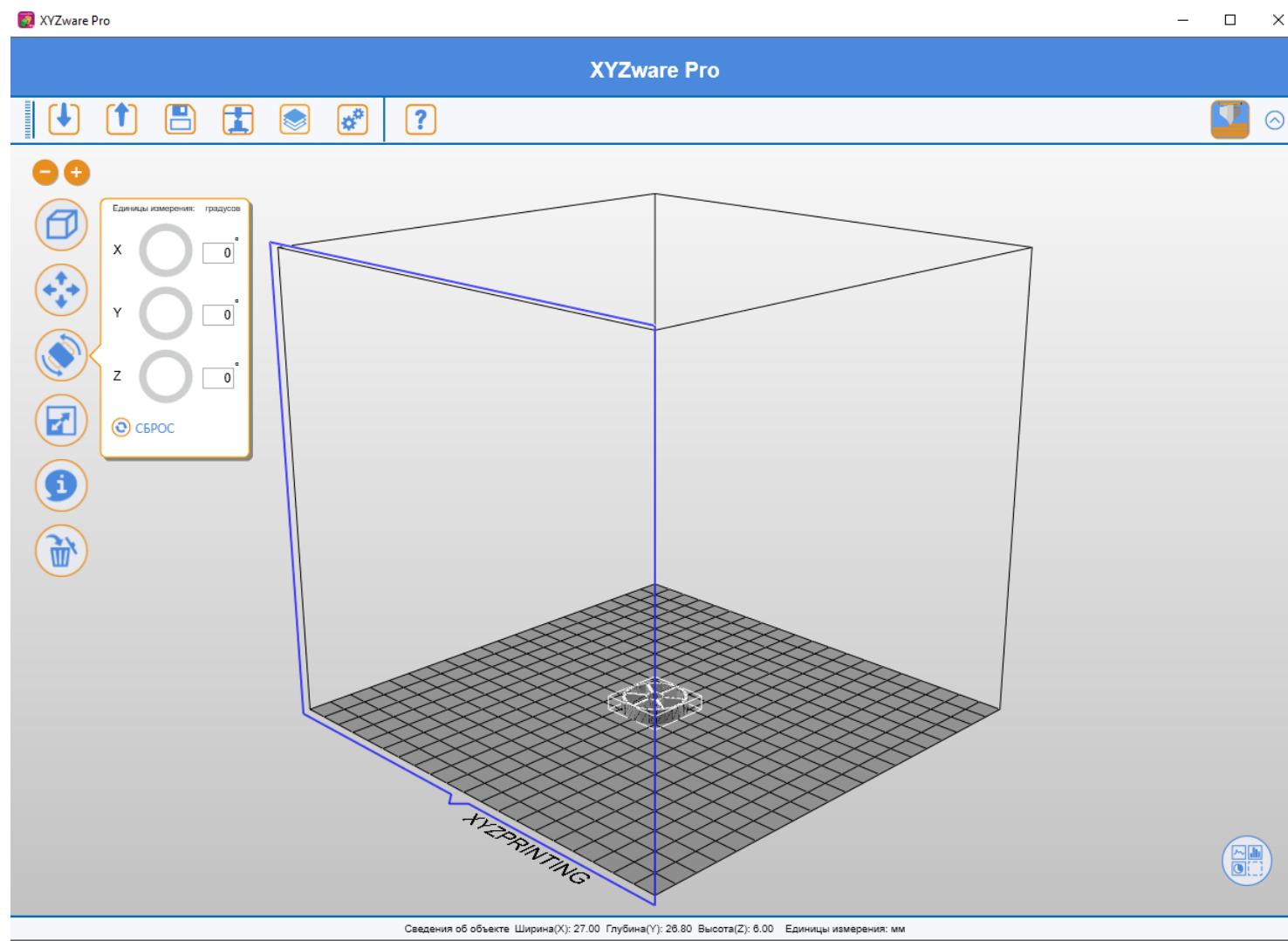
6
Готовое
изделие



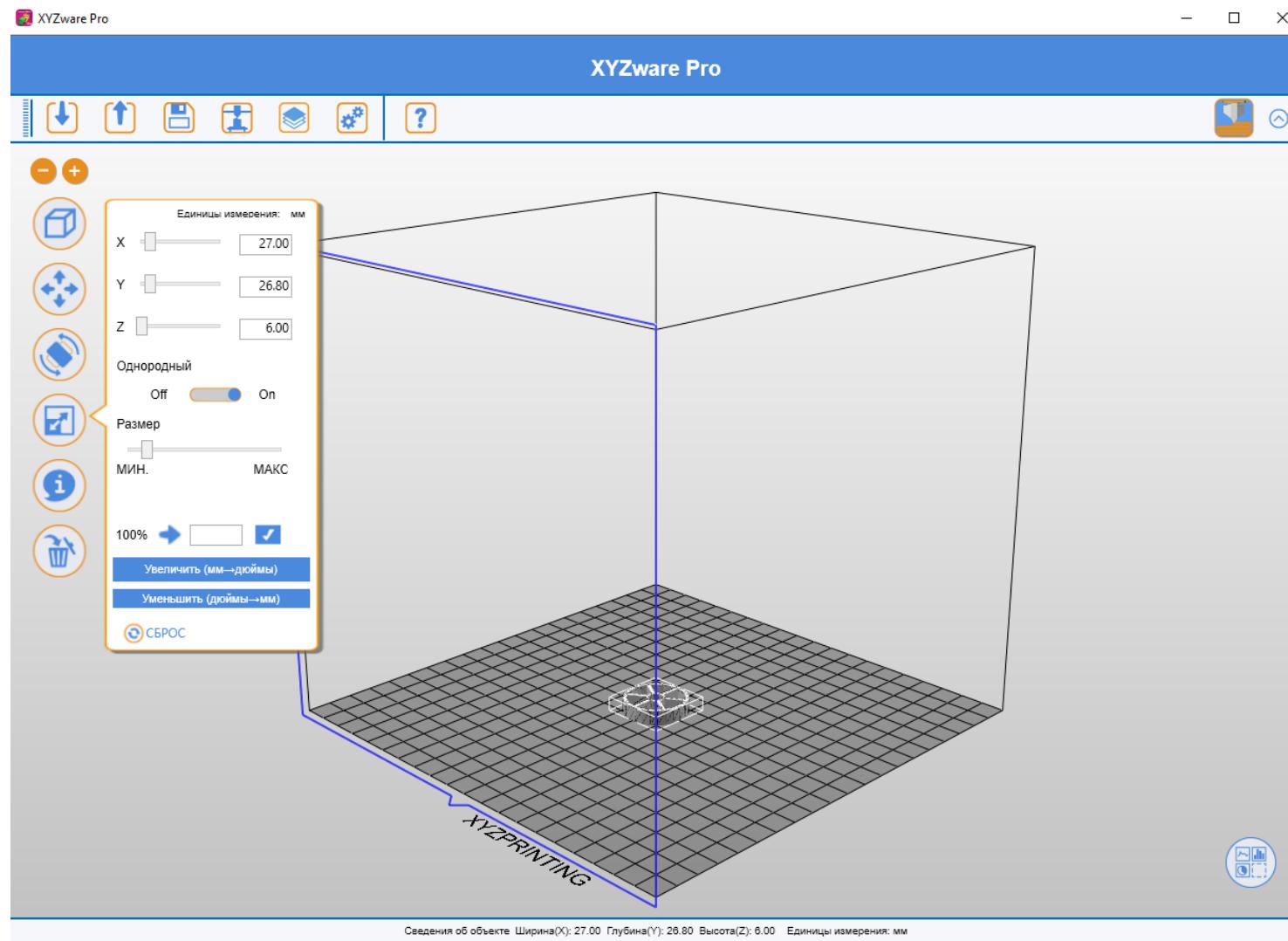
СЛАЙСЕР XYZ-PRINTING



СЛАЙСЕР XYZ-PRINTING



СЛАЙСЕР XYZ-PRINTING



СЛАЙСЕР XYZ-PRINTING

Печать

Печать

Профили

Создать Сохранить Загрузить Удалить

Принтер Общие Скорость Опоры Отвод Коэффициент выхода

Мой принтер

- Не подключен -

Картридж 1 - Не найден -

Профиль принтера

Мой принтер da Vinci 1.0 Pro 3in1

Картридж 1 ABS
(200 x 200 x 190 mm)

Температура

Сопло 1 210 °C

Платформа 90 °C

Отмена Сброс

Печать

Печать

Профили

Создать Сохранить Загрузить Удалить

Принтер Общие Скорость Опоры Отвод Коэффициент выхода

Слой

Толщина слоя 0.3 mm

Толщина оболочки

Обычная 2 layers

Верхняя поверхность 3 layers

Нижняя поверхность 3 layers

Заполнение

Плотность заполнения 10 %

Тип заполнения Прямолинейный

Отмена Сброс

СЛАЙСЕР XYZ-PRINTING

Печать

Печать

Профили

Создать Сохранить Загрузить Удалить

Принтер Общие Скорость Опоры Отвод Коэффициент выхода

Оболочка

Обычная	80	mm/s
Поверхность	30	mm/s
Небольшой радиус (менее 2,2 мм)	30	mm/s

Заполнение

Обычная	30	mm/s
Верхняя поверхность	30	mm/s
Сплошное заполнение	30	mm/s

Другое

Скорость печати перемычек	20	mm/s
Скорость перемещения без печати	45	mm/s
Скорость печати нижнего слоя	20	mm/s
Скорость отвода	40	mm/s

Автоматическая регулировка скорости для мелких деталей

Отмена Сброс

Печать

Печать

Профили

Создать Сохранить Загрузить Удалить

Принтер Общие Скорость Опоры Отвод Коэффициент выхода

Выбор экструдера

Экструдер для печати опорной структуры #1

Плот & Край

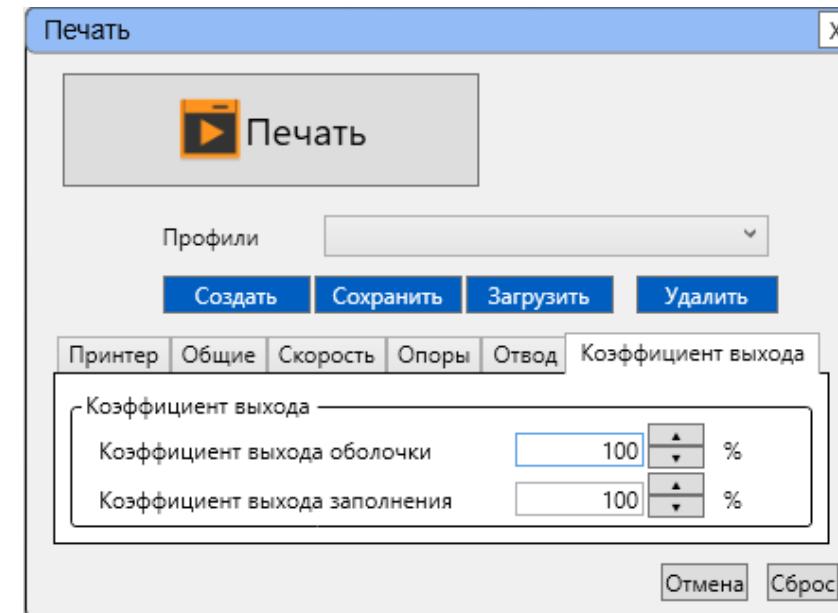
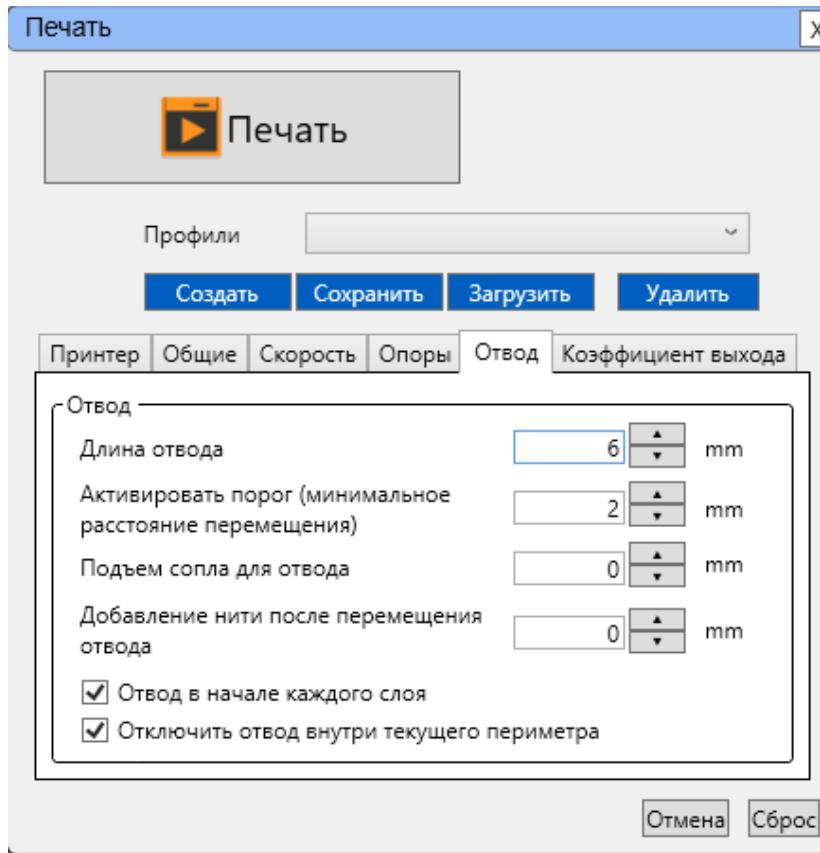
Плот
 Край
Ширина края 10 mm

Опоры

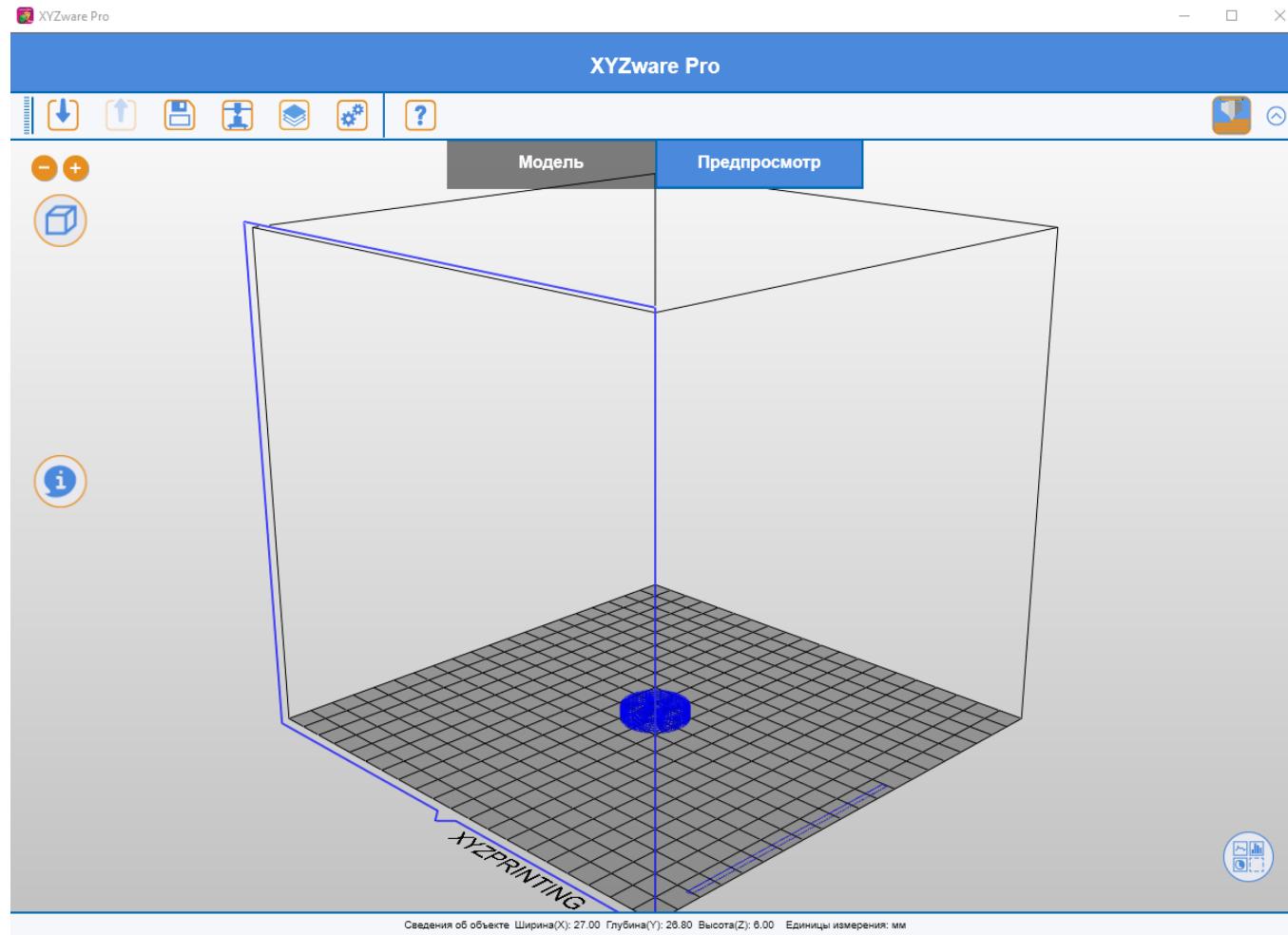
Опоры
Плотность опор Высокая

Отмена Сброс

СЛАЙСЕР XYZ-PRINTING



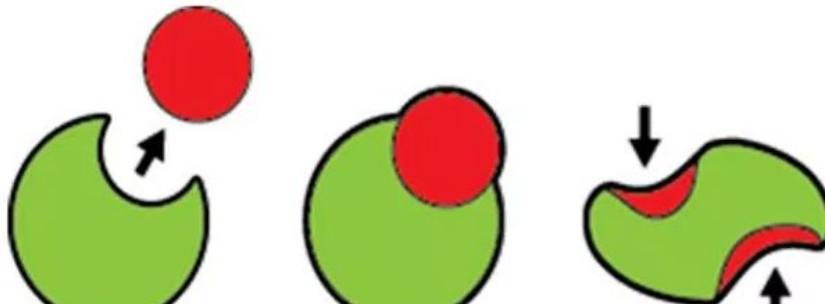
СЛАЙСЕР XYZ-PRINTING



АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (3D-ПЕЧАТЬ)



Способы производства



Субтрактивный

Аддитивный

Формирующий



1

Подготовка
CAD-модели

2

Создание
STL-файла

3

Разделение
на слои

4

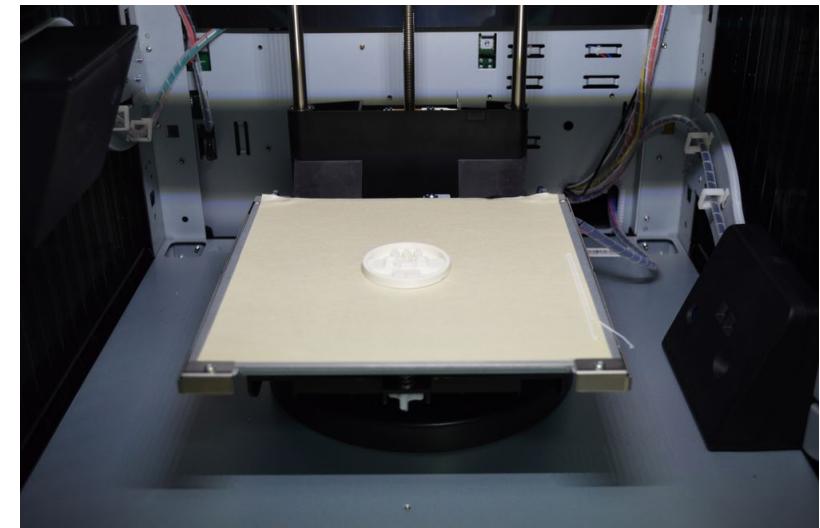
3D-печать

5

Финишная
обработка

6

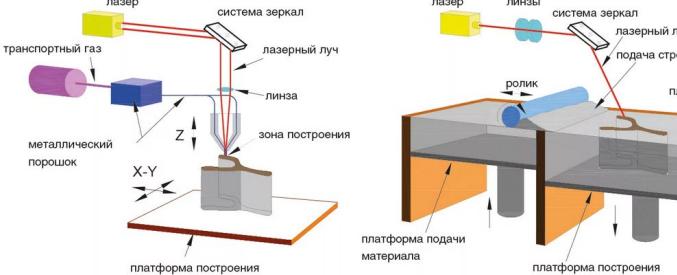
Готовое
изделие



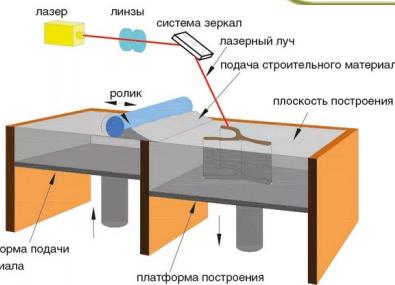
АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (3D-ПЕЧАТЬ)



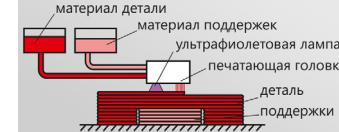
SLM



SLS



MJM



Аддитивные технологии

Гранулы

SLS, SLM, MIM, CIM, InkJet, DMD, LENS, MJS, EBM

Листовой материал

UAM, LOM

Гель

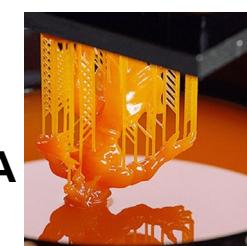
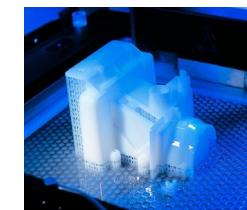
MJM (PolyJet), SLA

Проволока

FDM

Фидсток

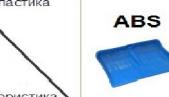
EBDM



FDM



Вид пластика



ABS



PLA



HIPS



PETG



NYLON

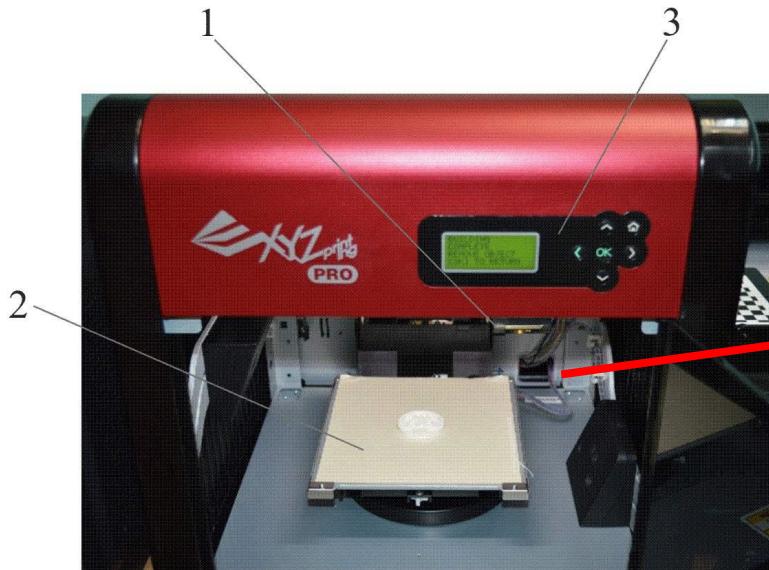


ПОЛИКОРБАНАТ

Характеристика

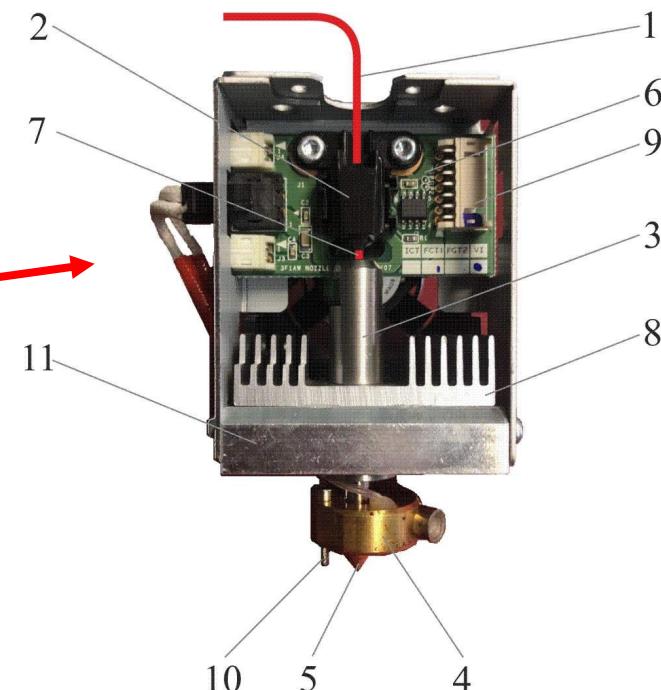
Предел прочности	40 МПа	65 МПа	32 МПа	53 МПа	40-85 МПа	72 МПа
Жесткость	5/10	7.5/10	10/10	5/10	5/10	6/10
Прочность	8/10	4/10	7/10	8/10	10/10	10/10
Максимальная рабочая температура	98°C	52°C	100°C	73°C	80-95°C	121°C
Коэффициент теплового расширения	90 K ⁻¹	68 K ⁻¹	80 K ⁻¹	60 K ⁻¹	95 K ⁻¹	69 K ⁻¹
Плотность	1,04 гр/см ³	1,24 гр/см ³	1,03-1,04 гр/см ³	1,23 гр/см ³	1,06-1,14 гр/см ³	1,2 гр/см ³
Цена за метр, руб						
Легкость печати	6/10	9/10	6/10	9/10	8/10	6/10

ЗД-ПРИНТЕР XYZ Printing Da Vinci 1.0 PRO



Общий вид 3D-принтера XYZ
Printing Da Vinci 1.0 PRO:

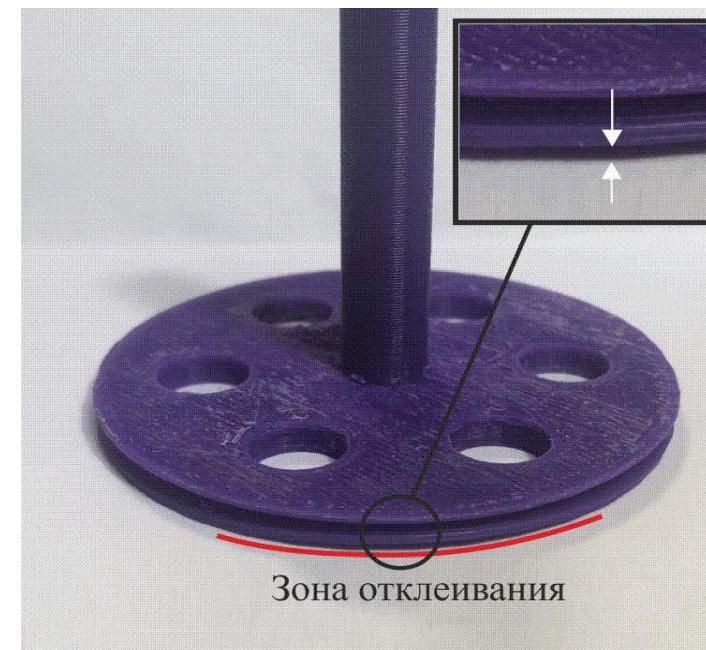
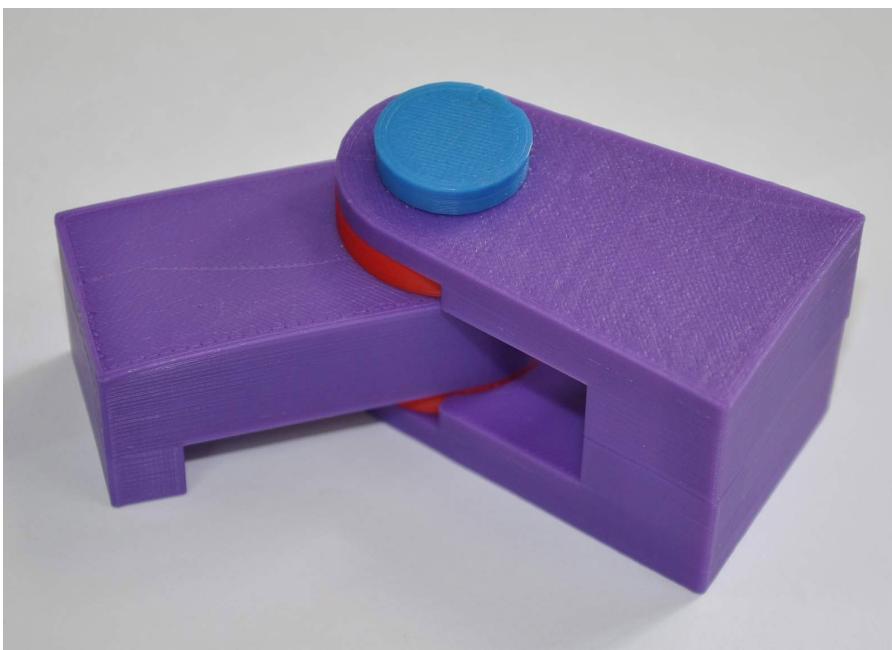
- 1 – печатающая головка;
- 2 – рабочий стол; 3 – панель
управления



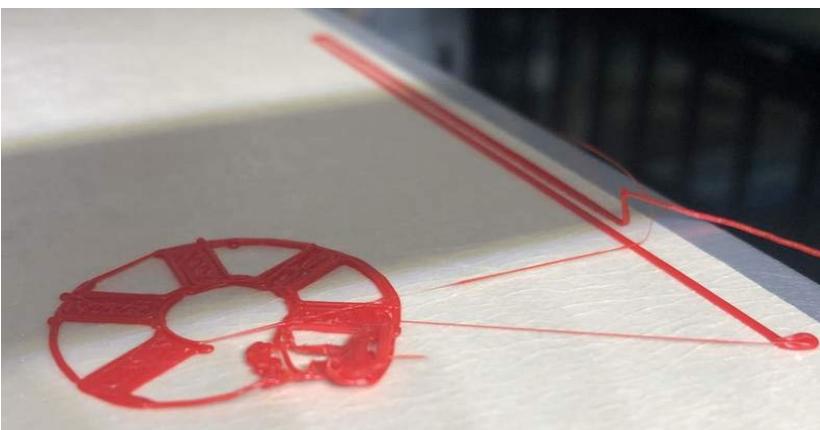
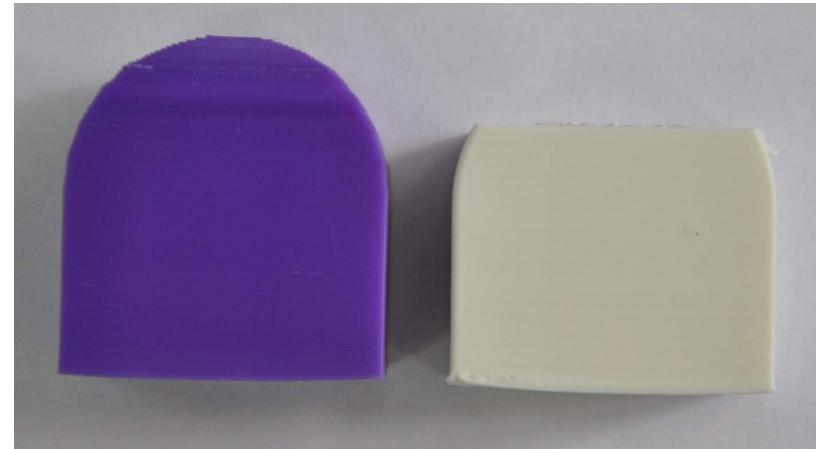
Конструкция печатающей головки 3D-принтера:

- 1 – пластиковая проволока (расходный материал для печати);
- 2 – зажим; 3 – направляющая втулка; 4 – экструдер; 5 – сопло;
- 6 – микроконтроллер печатающей головки; 7 – воздушный термоизоляционный зазор;
- 8 – радиатор охлаждения; 9 – разъем подключения питания и интерфейса управления;
- 10 – измерительный щуп; 11 – корпус

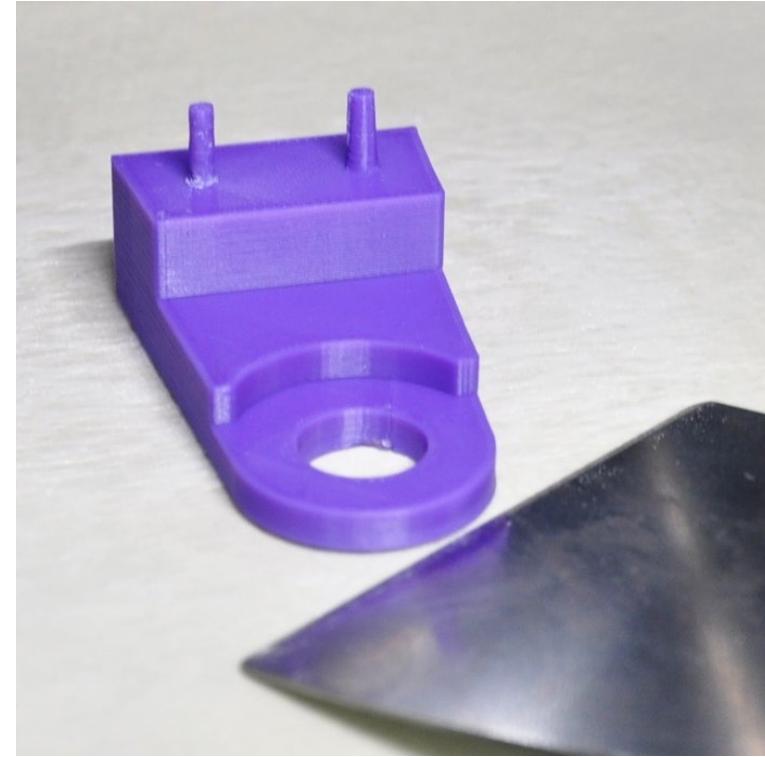
СЦЕПЛЕНИЕ ОБЪЕКТА С ПОДЛОЖКОЙ



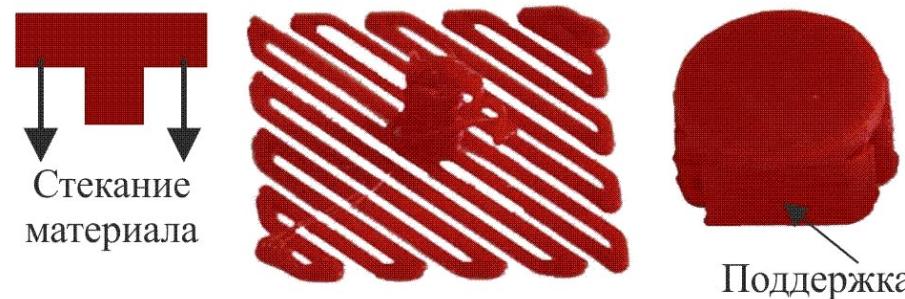
СЦЕПЛЕНИЕ ОБЪЕКТА С ПОДЛОЖКОЙ



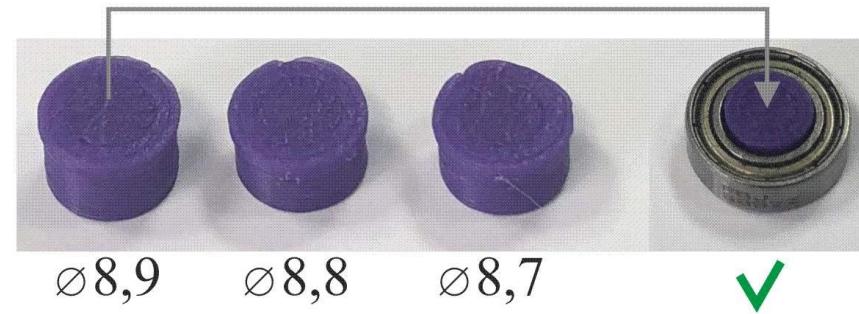
СЦЕПЛЕНИЕ ОБЪЕКТА С ПОДЛОЖКОЙ



ПОДДЕРЖКИ. ПЛОТ. ПОДБОР РАЗМЕРОВ



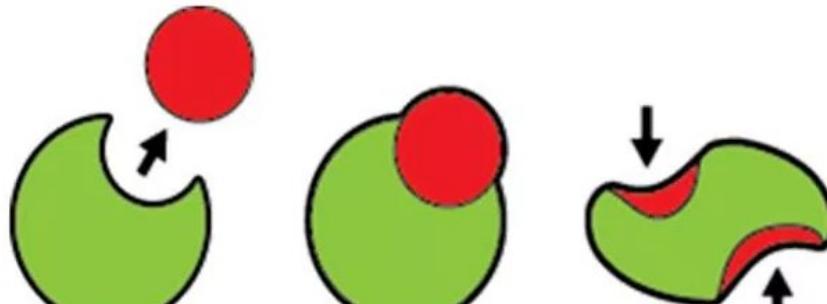
Подбор размеров



АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (3D-ПЕЧАТЬ)



Способы производства



Субтрактивный

Аддитивный

Формирующий



1

Подготовка
CAD-модели

2

Создание
STL-файла

3

Разделение
на слои

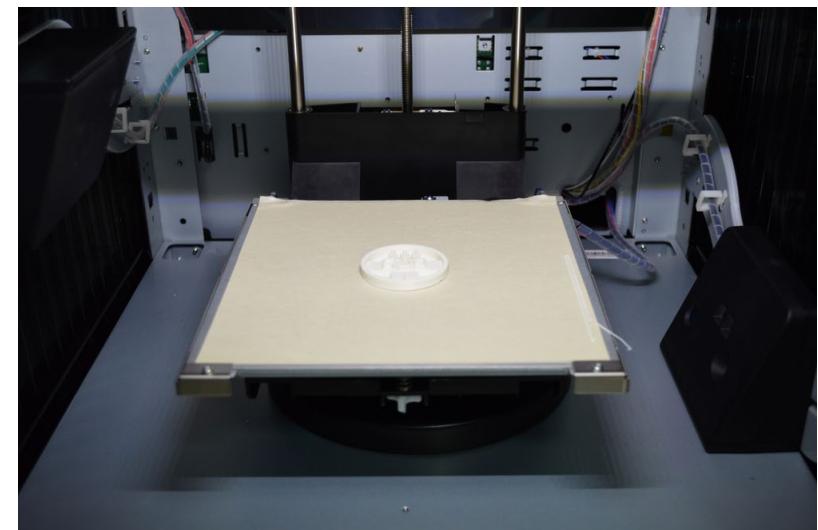
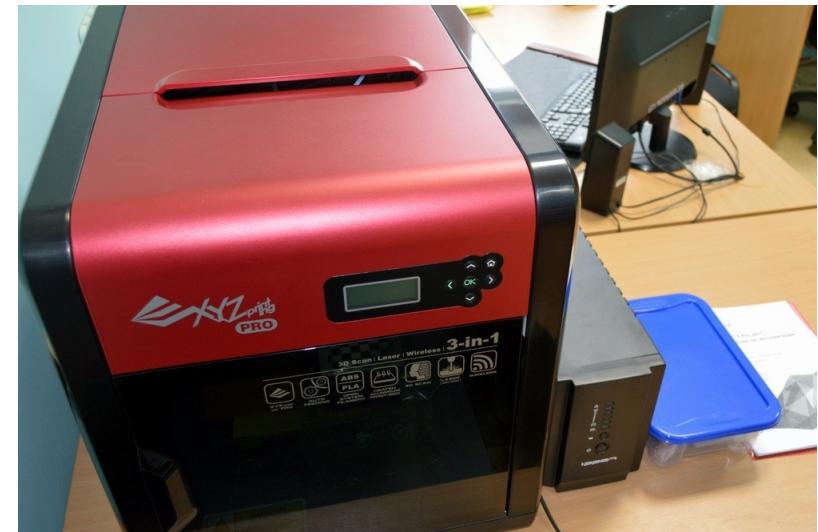
4

3D-печать

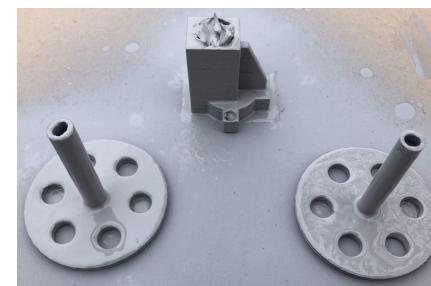
5
Финишная
обработка

6

Готовое
изделие



ФИНИШНАЯ ДОРАБОТКА ОБЪЕКТОВ



Механообработка.

Грунтовка.

Окраска.



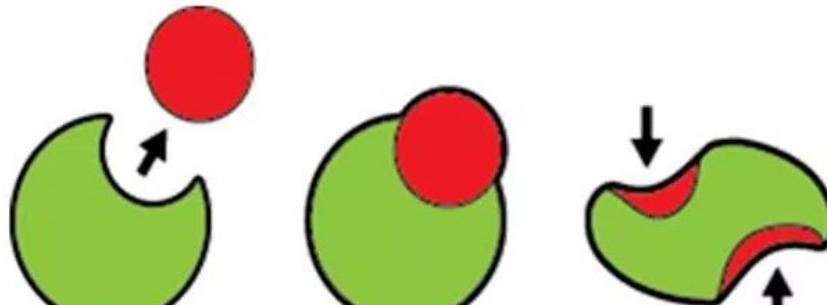
АЦЕТОНОВАЯ БАНЯ И РАБОТА С ДЕФЕКТАМИ



АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (3D-ПЕЧАТЬ)



Способы производства



Субтрактивный

Аддитивный

Формирующий



1

Подготовка
CAD-модели

2

Создание
STL-файла

3

Разделение
на слои

4

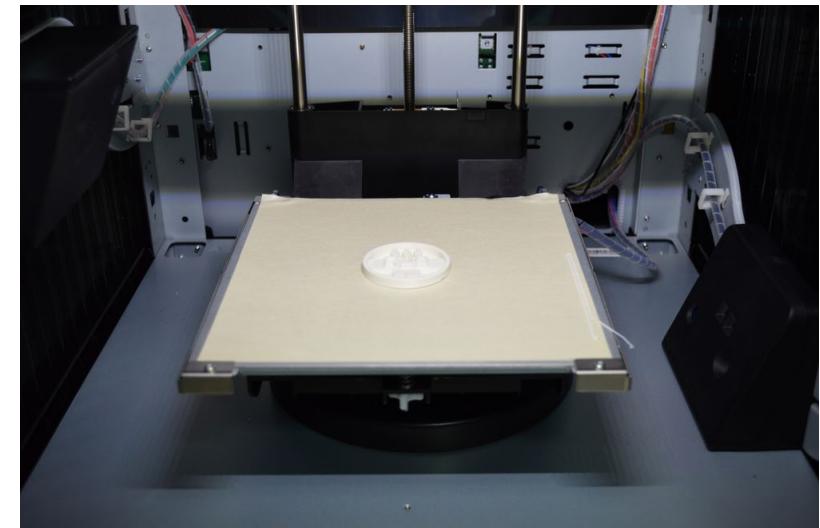
3D-печать

5

Финишная
обработка

6

Готовое
изделие



МАКЕТЫ МОБИЛЬНЫХ КАНАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ



ВИРТУАЛЬНАЯ И ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ



AR VR

ВИРТУАЛЬНАЯ И ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

OCULUS RIFT





Спасибо за внимание!

Лагерев Игорь Александрович
E-mail: lagerev-bgu@yandex.ru

16 июля в Летнем университете

16 июля в Брянском государственном университете им. И.Г. Петровского прошёл двенадцатый учебный день проекта «Летний университет - 2021». Студенты из Гомельского и Могилёвского университетов продолжают успешно постигать учебную программу, подготовленную БГУ для гостей из Республики Беларусь.

В рамках Летнего университета сегодняшние занятия у студентов начались с основных направлений арт-терапии в коррекционно-развивающей работе логопеда. В ходе работы с профессором кафедры педагогики и психологии детства, доктором психологических наук М.Ю. Бурыкиной студенты познакомились с предметом арт-терапия. Учащиеся по направлению «Логопедия и дефектология» опробовали на себе технику «Рисуем эмоции», основной задачей которой является проработка различных эмоциональных состояний (печали, злости, страха, радости, грусти). В ходе этой работы студенты, сосредоточившись на ощущениях, рисовали свои страхи. Студенты должны были понять глубинную суть своих негативных эмоций и отобразить их на бумаге. Затем они по очереди рассказывали о своих рисунках. Выступая в качестве психолога, студенты давали характеристику работам друг друга. Целью данного эксперимента стало превращение пугающего изображения в безопасное, смешное или смелое. Участникам предлагалось нарисовать свой страх и дать ему имя. После преподаватель предлагал несколько вариантов на выбор избавления от своего страха: уничтожить рисунок; превратить страшное в смешное, дорисовать рисунок; украсить его, чтобы он стал вызывать позитивные эмоции.

Не менее интересными оказались практики «Дискуссионные педагогические технологии» и «Социально-психологический тренинг», их провела доцент кафедры педагогики, кандидат педагогических наук И.Г. Якимович. Студенты, учащиеся по направлению «Педагогические технологии», подчерпнули много интересной и полезной для их профессии информации. Ребята учились вести дискуссию на актуальные и противоречивые темы, обсуждали интересующие их вопросы и проникали в глубь проблем. Вторая часть занятия была посвящена рассмотрению понятий, функций и принципов социально-психологического тренинга. Студенты изучали методику проведения тематических тренингов. По итогу занятий студенты овладели новыми социально-психологическими знаниями, развили способность адекватного и наиболее полного познания себя и окружающих людей. Отработали навыки эффективного взаимодействия с окружающими. Научились проводить диагностику и коррекцию личностных качеств и умений, снятие барьеров, мешающих реальным и продуктивным действиям.

В рамках программы по развитию «Soft Skills» и компетенций будущего «IT – компетентность» белорусские студенты совместно с проректором по инновационной работе, доктором технических наук, профессором И.А. Лагеревым изучили современные цифровые технологии Индустрии 4.0, рассмотрели конструкцию 3D-принтера и увидели его в работе, а в конце занятия у студентов была возможность побывать в мире виртуальной реальности.





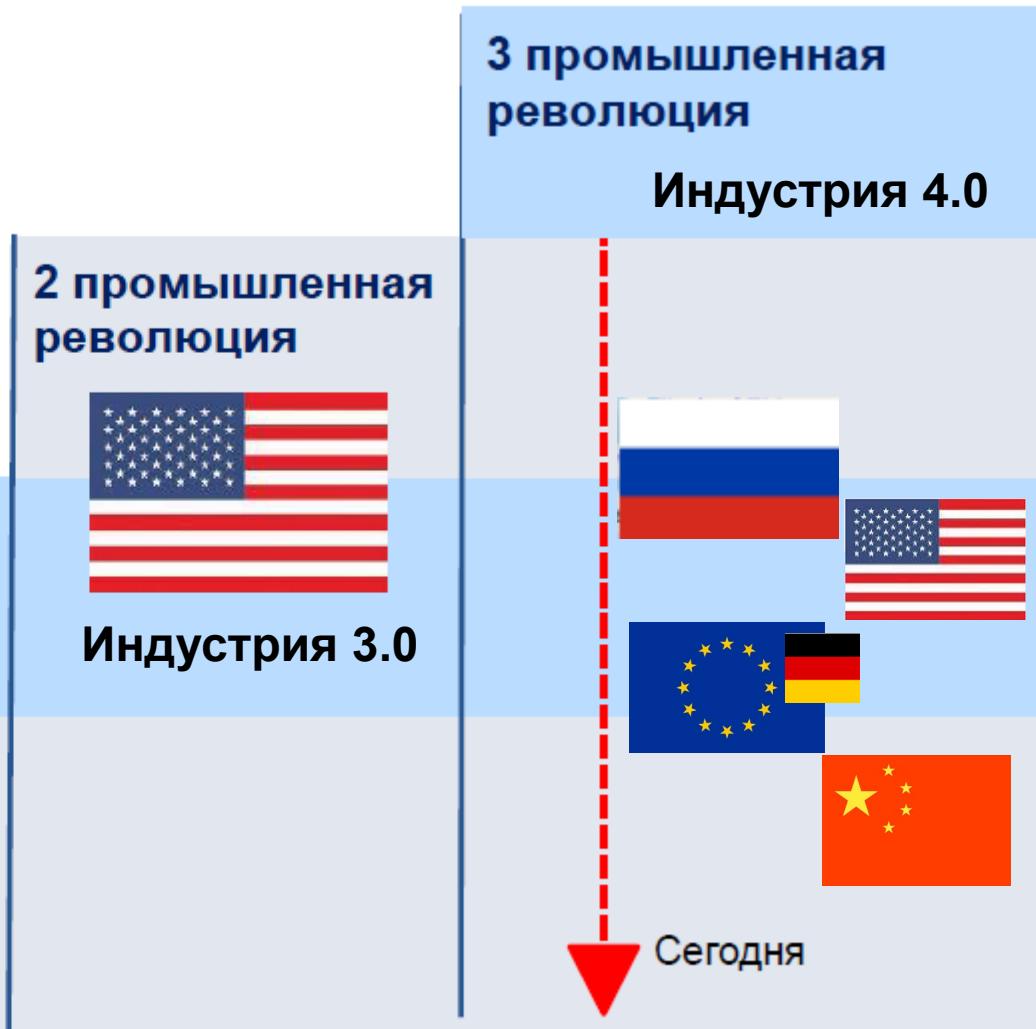
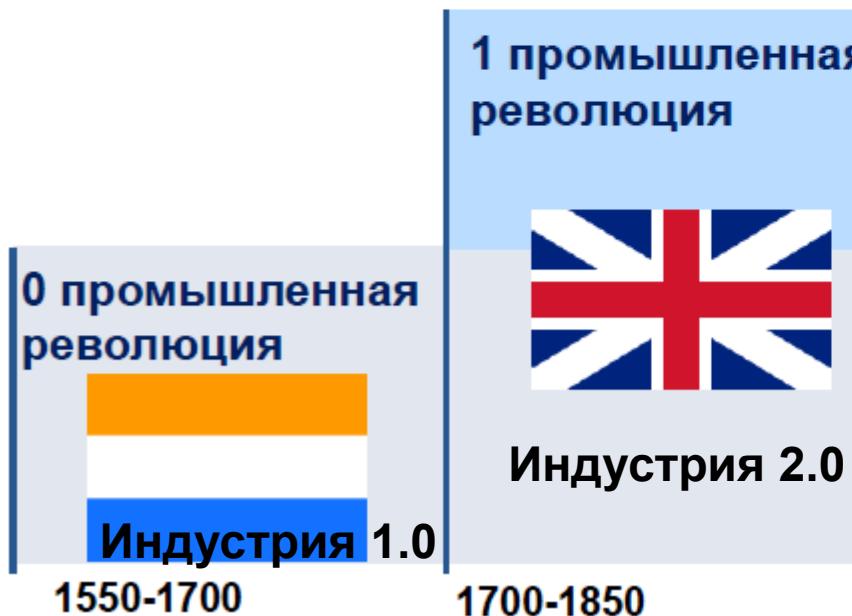
Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского»
ИНОЦ цифровых технологий Индустрии 4.0

Образовательный интенсив «Виртуальная реальность и 3D-печать в гуманитарных науках»

Материалы для мастер-класса проф. И.А. Лагерева

Брянск, 16 июля 2021 г.

СМЕНА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УКЛАДОВ



СМЕНА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УКЛАДОВ

	«0-я» ПР 1550-1700	I ПР 1700-1850	II ПР 1850-2000
Политические институты	Патентное право	Институт лицензирования	Роялти
«Клеточка»	Кластер	Фабрика	ТНК
Технологии мышления	Конструирование	Проектирование	Исследование
Технологии	<ul style="list-style-type: none">▶ лес, камень▶ торф, ветер▶ флит 	<ul style="list-style-type: none">▶ чугун, железо▶ уголь, пар▶ пароход, паровоз▶ хирургия, наркоз▶ с/х аппараты 	<ul style="list-style-type: none">▶ сталь, алюминий, пластик▶ нефть, газ, гидро- и э/э▶ а/м, самолет, спутник 
Инфраструктура	<ul style="list-style-type: none">▶ Каналы▶ трекварты▶ каналы для доб торфа▶ почтовая связь▶ польдеры	<ul style="list-style-type: none">▶ дороги с твердым покрытием▶ железные дороги▶ телеграф	<ul style="list-style-type: none">▶ аэродромы, сист. РЛС, свет. сигналов▶ высокоскоростные ж/д▶ ЛЭП, газо- и нефтепроводы▶ телефон, радио, ТВ
Социальная структура	Буржуазия (городской класс)	Пролетариат (наёмный труд)	Салариат (наемные служащие)

Открытый доступ

- Сетевая ТНК
- Гига-города
- Инновационный кластер*

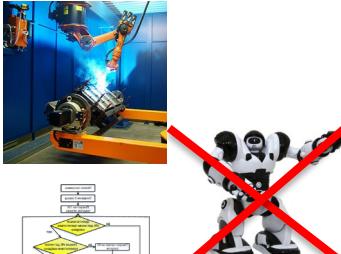
Программирование

Технологии Индустрии 4.0

- ВСМ, беспилотники
- Безуглеродная и зеленая энергетика
- Высокоскоростные компьютерные сети

Пользователи сетевых сервисов

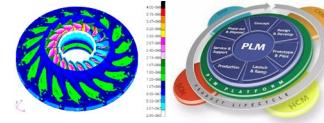
ТЕХНОЛОГИИ ИНДУСТРИИ 4.0



Роботизация



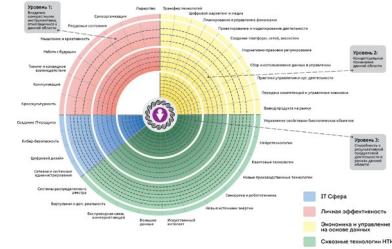
Блокчейн



Моделирование
и прогнозирование



Большие данные
и продвинутая
аналитика



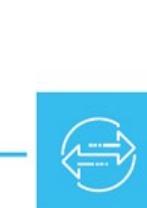
Дополненное
производство,
непрерывная 3D-печать



«Интернет вещей»
(IIoT)



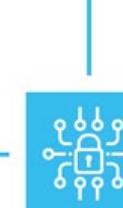
Дополнительная
реальность



Горизонтальная
и вертикальная
интеграция



Облачные
вычисления
и хранение данных



Кибербезопасность



Как в 80-90-е годы ХХ века повсеместно вводились курсы информатики, так сейчас нужны курсы по Индустрии 4.0!

ФЕДЕРАЛЬНАЯ ИННОВАЦИОННАЯ ПЛОЩАДКА

Статус присвоен приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1580.

Задачи проекта

- Подготовка будущих и переподготовка действующих педагогов к эффективному формированию устойчивых компетенций в области цифровой экономики и технологий Индустрии 4.0 у обучающихся общеобразовательных организаций.
- Всестороннее информирование жителей региона о способах применения технологий цифровой экономики и Индустрии 4.0 для решения повседневных и профессиональных задач.
- Разработка и апробация учебно-методической документации и инновационного содержания курсов дополнительного профессионального образования в области использования технологий цифровой экономики и Индустрии 4.0, пригодных для дальнейшего тиражирования на всей территории Российской Федерации.



19-23 апреля 2021 **IT-чемпионат**
https://vk.com/open_it_2021

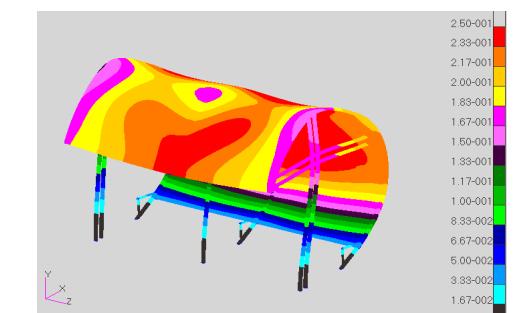
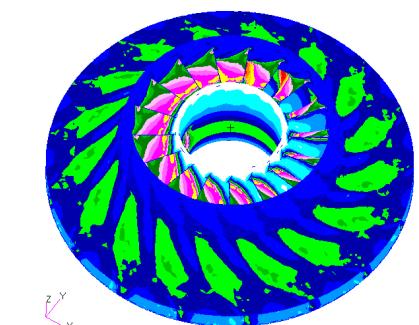
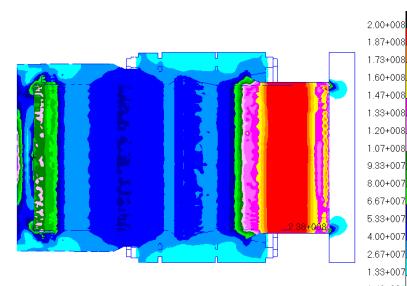
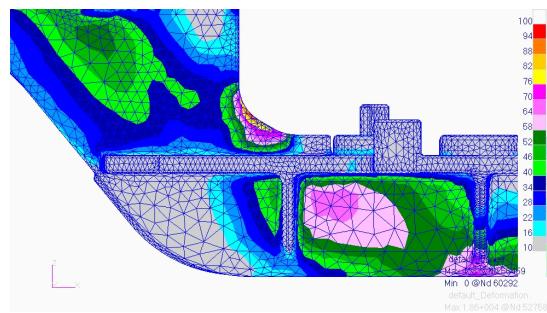
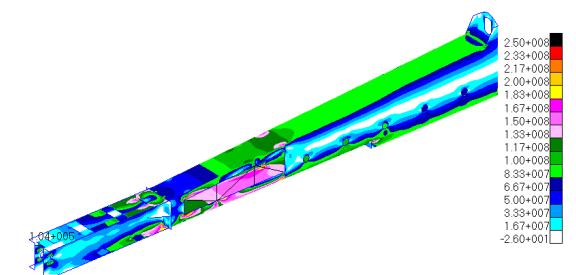
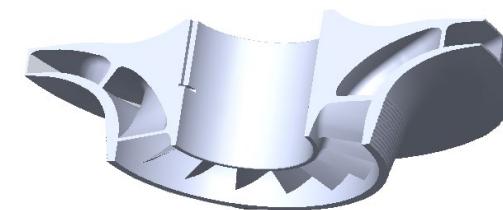
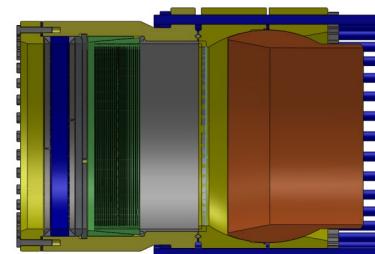
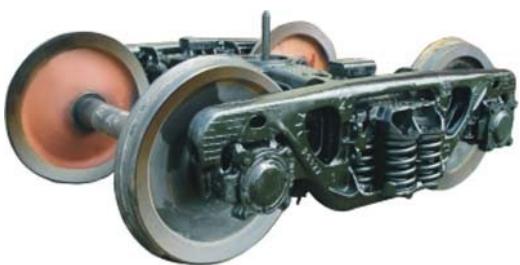
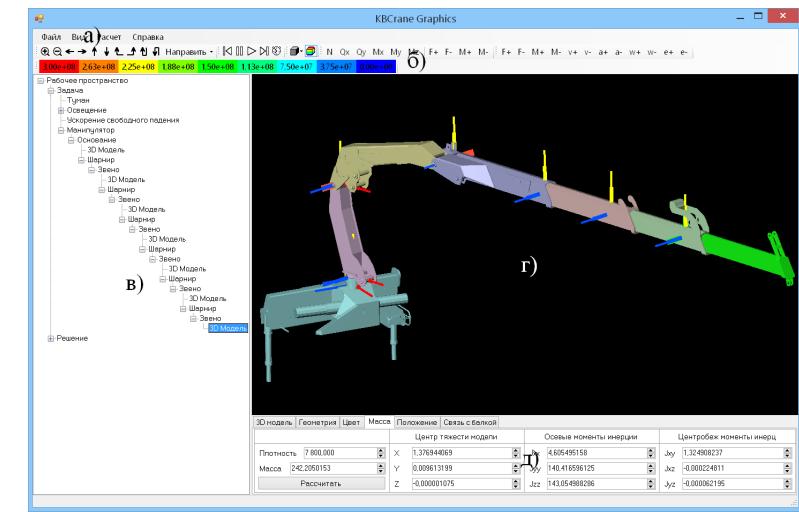
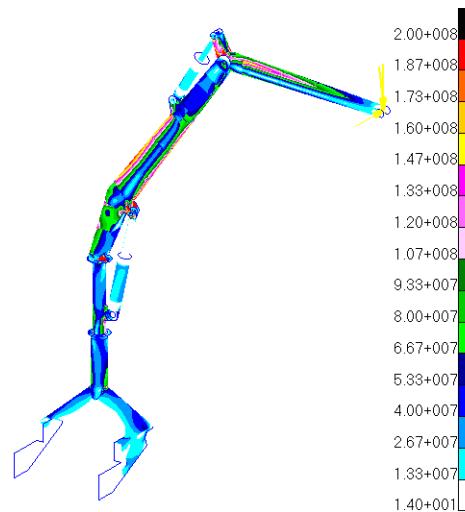
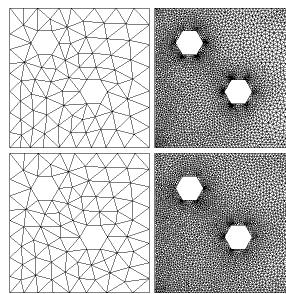
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

$$\frac{\partial \sigma}{\partial x} - P(x) = 0$$

$$\sigma = E\varepsilon$$

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$$

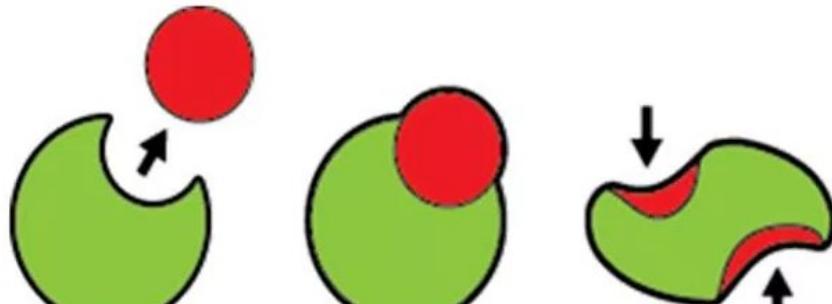
$$MU'' + CU' + KU = F(t)$$



АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (3D-ПЕЧАТЬ)



Способы производства



Субтрактивный

Аддитивный

Формирующий



1

Подготовка
CAD-модели

2

Создание
STL-файла

3

Разделение
на слои

4

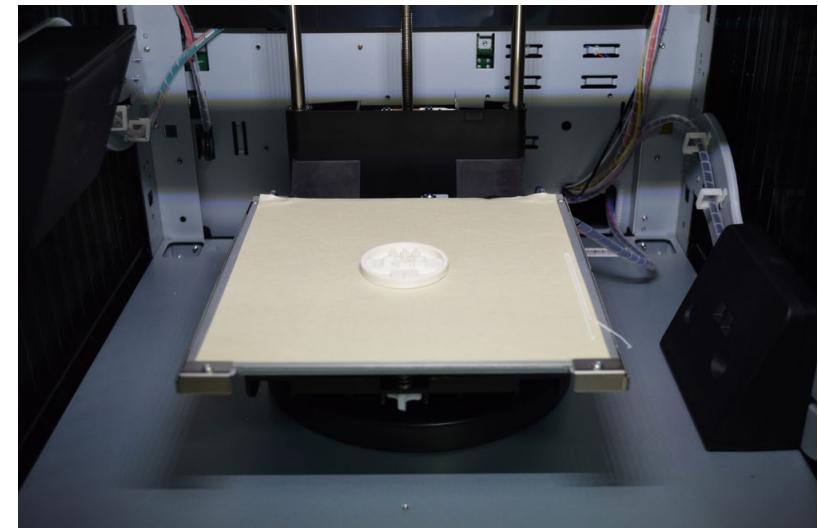
3D-печать

5

Финишная
обработка

6

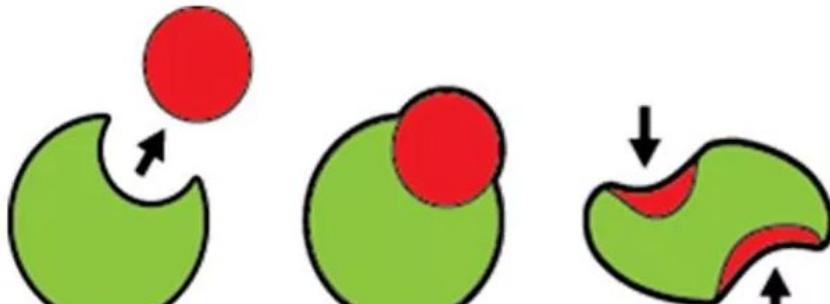
Готовое
изделие



АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (3D-ПЕЧАТЬ)



Способы производства



Субтрактивный

Аддитивный

Формирующий



1

Подготовка
CAD-модели

2

Создание
STL-файла

3

Разделение
на слои

4

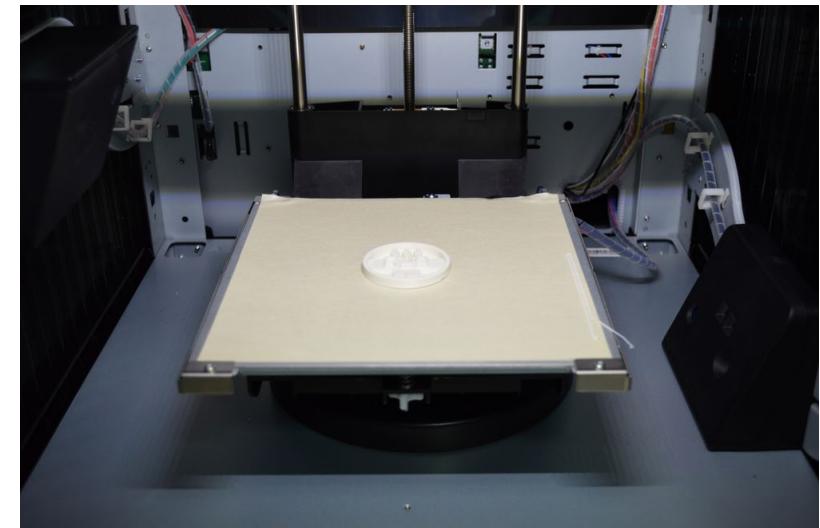
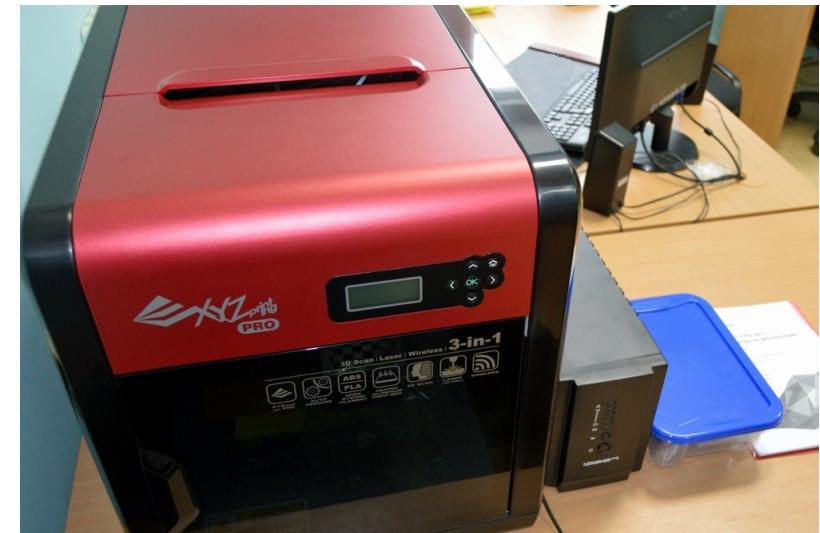
3D-печать

5

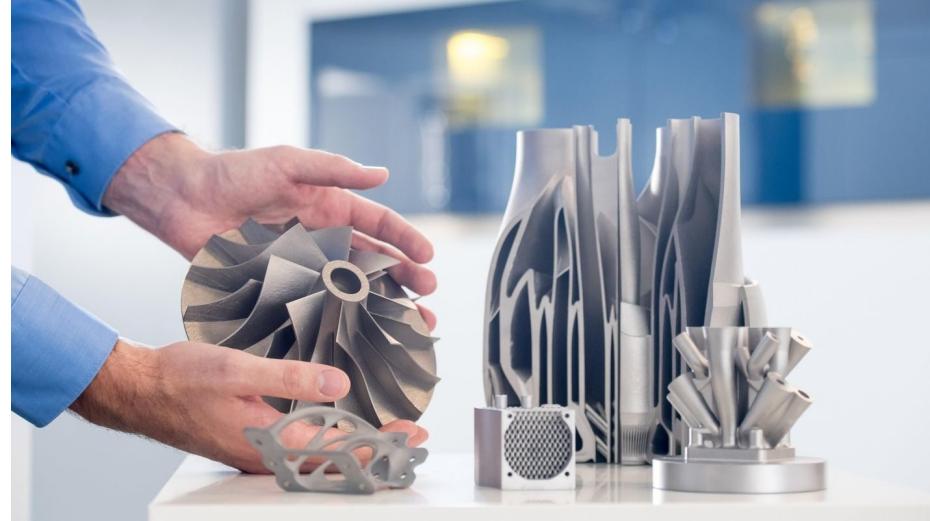
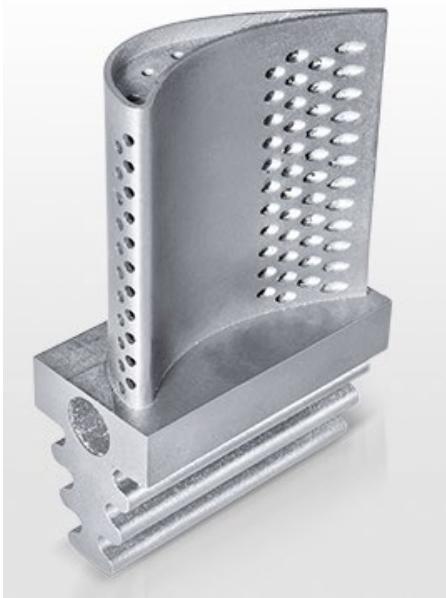
Финишная
обработка

6

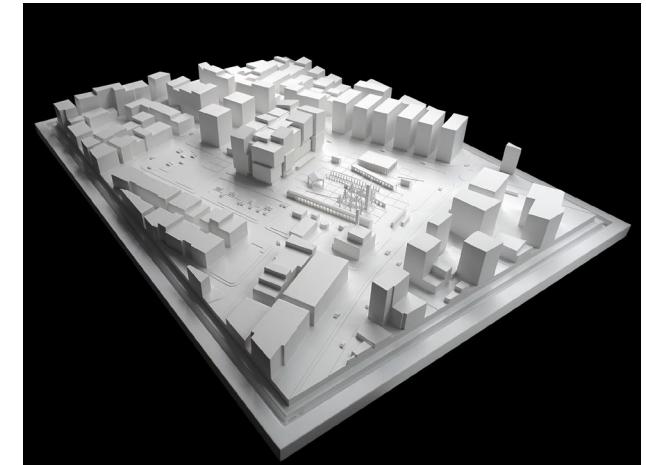
Готовое
изделие



АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (3D-ПЕЧАТЬ)



АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (3D-ПЕЧАТЬ)

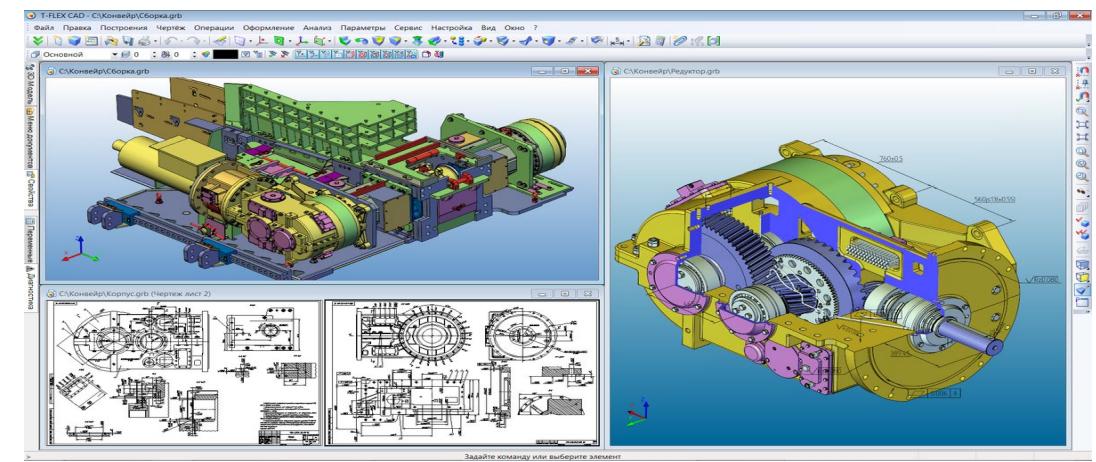


ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Одним из наиболее важных этапов проектирования машиностроительных изделий является этап конструирования. Значимость его не только в том, что на этом этапе формируется концептуальный облик будущего изделия, но и в том, что именно на этапе конструирования создаются математически точные геометрические модели как отдельных деталей, так и всего изделия, которые будут играть определяющую роль на всех последующих этапах ЖЦ.

В основе автоматизированного конструирования (CAD) лежит:

Геометрическое моделирование – совокупность операций и процедур, включающих формирование геометрической модели объекта и ее преобразование с целью получения желаемого изображения объекта и определения его геометрических свойств.



ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Твердое тело – заполненная «материалом» замкнутая область пространства.

Твердое тело характеризуется:

- многогранным представлением
- историей своего создания.

Другие параметры твердого тела:

- параметры материала
- параметры отображения

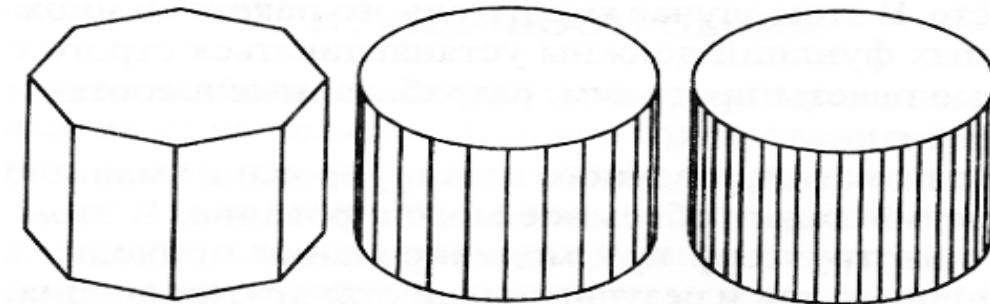
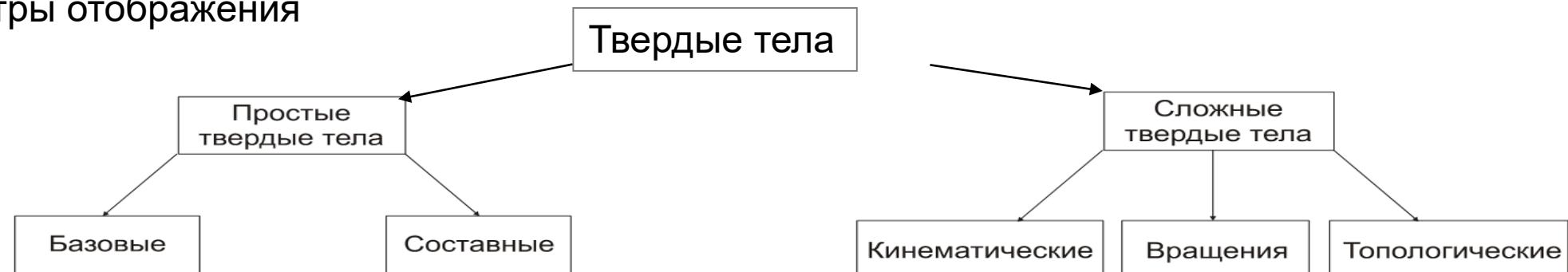


Рис. 3.1. Точность отображения цилиндра

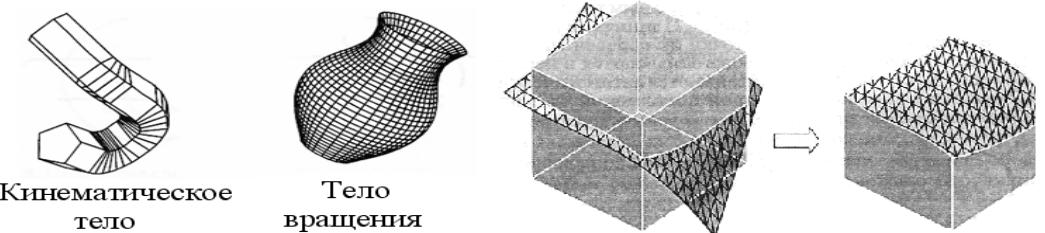


Базовые тела (твёрдотельные примитивы) – это параллелепипед, цилиндр, шар, конус и др.

Они строятся с указанием формообразующих линий и контуров или с помощью задания значений параметров.

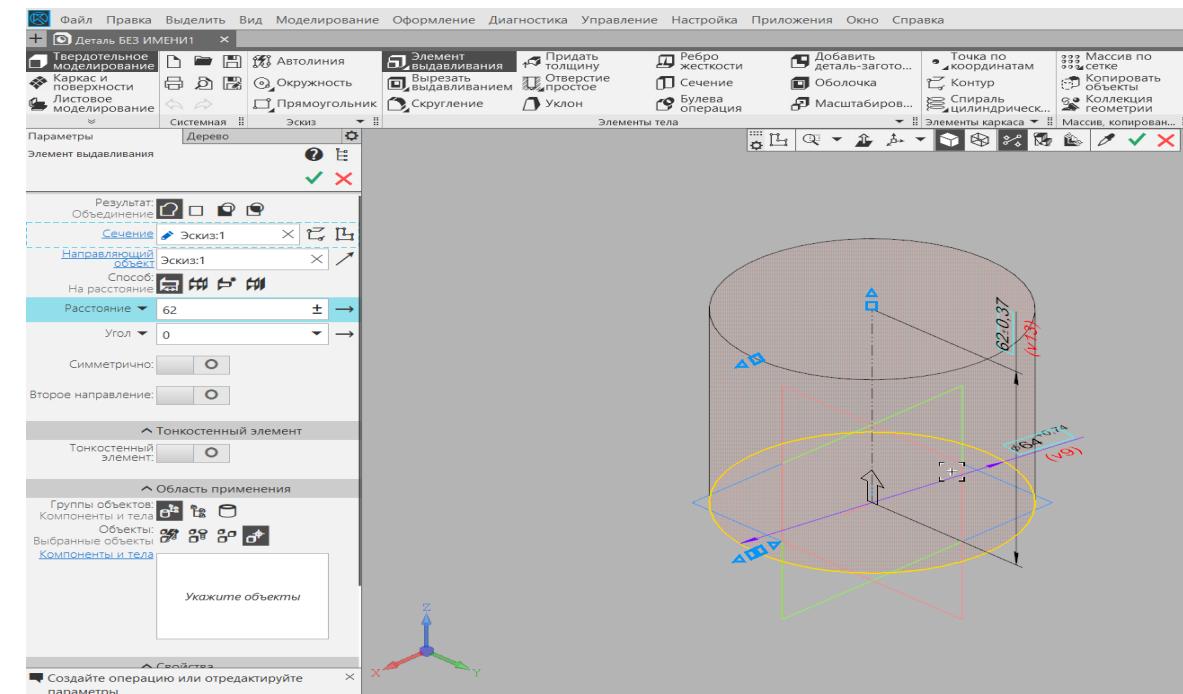


Составные тела формируются в результате топологических операций (булевы функции сложения, вычитания, пересечения) над базовыми телами. В данном случае базовые тела называют *конструктивными элементами* сложного тела

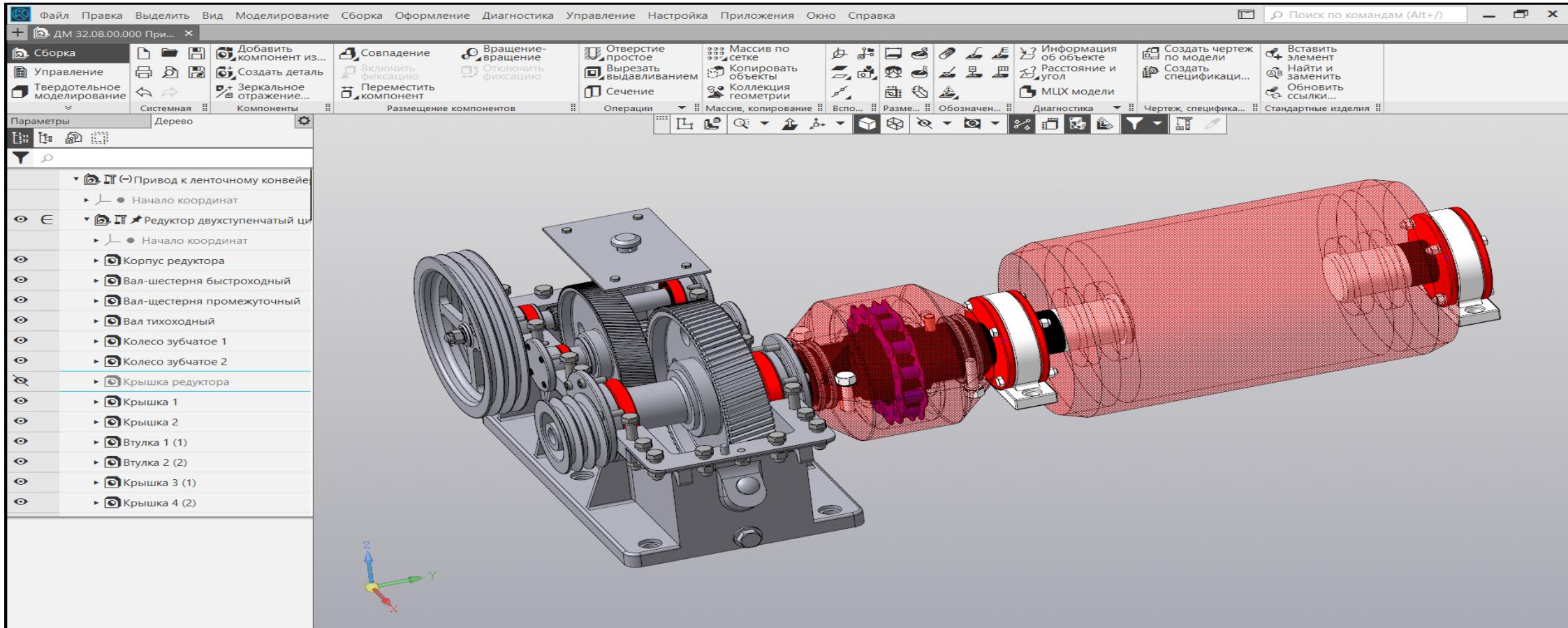


ОСНОВНЫЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ

- Операция выдавливания
- Операция вращения
- Операция по сечениям
- Кинематическая операция
- Булева операция
- Массив элементов
- Скругления и фаски
- Отверстия
- Ребра
- Создание объема
- Вырезание объема



ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС КОМПАС-3D

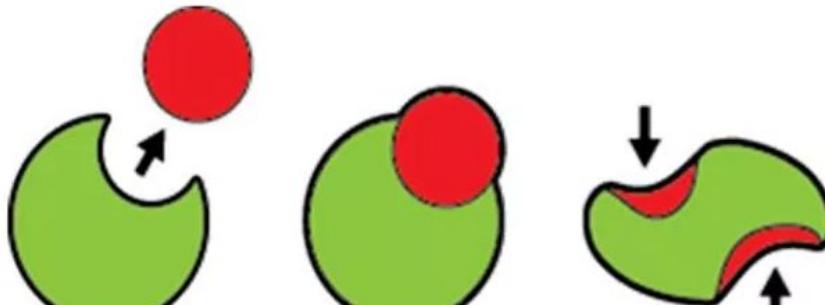


Разработчик: АСКОН (Россия)

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (3D-ПЕЧАТЬ)



Способы производства



1
Подготовка
CAD-модели

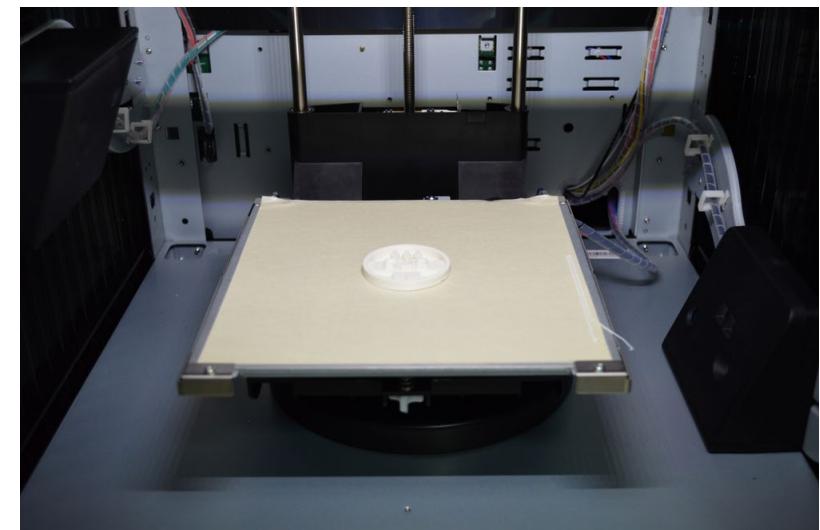
2
Создание
STL-файла

3
Разделение
на слои

4
3D-печать

5
Финишная
обработка

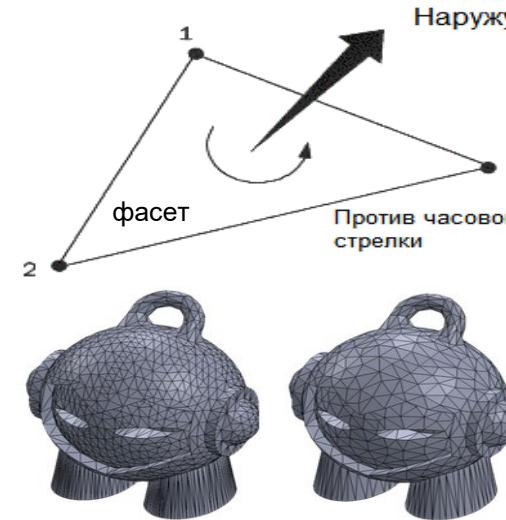
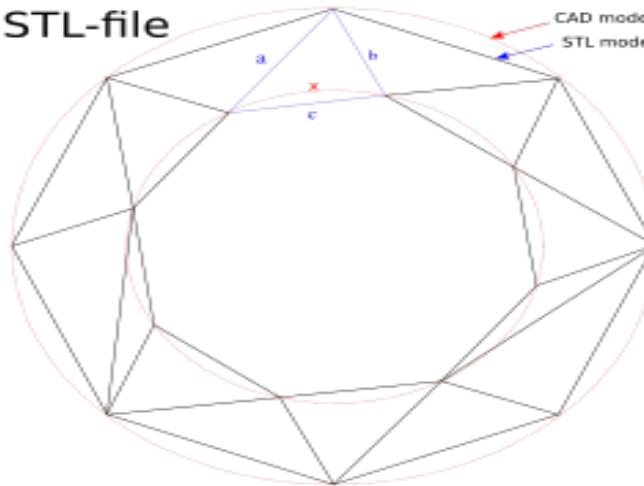
6
Готовое
изделие



ФОРМАТ STL

Формат изначально разработан для использования в аддитивных технологиях (для прототипирования с помощью стереолитографии).

STL-file



Стереолитография

Структура файла:

`solid name`

`facet normal ni nj nk`

`outer loop`

`vertex v1x v1y v1z`

`vertex v2x v2y v2z`

`vertex v3x v3y v3z`

`endloop`

`endfacet`

`endsolid name`

Поддерживаются в САПР:

ADEM CAD

Meshlab

Blender 3D

Kompas 3D

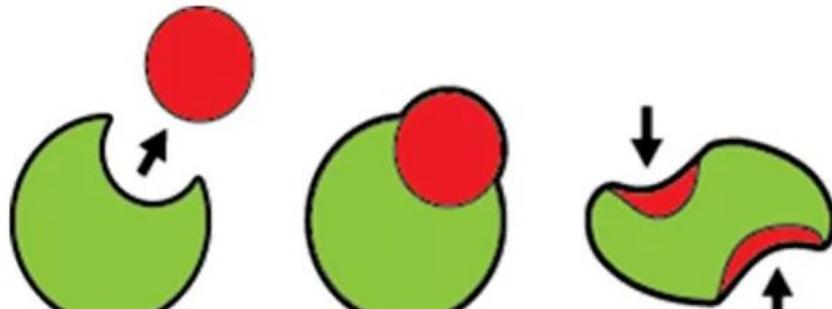
T-FLEX CAD

Wings 3D

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (3D-ПЕЧАТЬ)



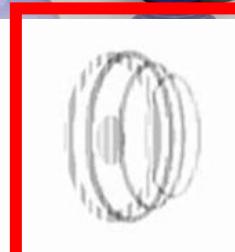
Способы производства



Субтрактивный

Аддитивный

Формирующий



1

Подготовка
CAD-модели

2

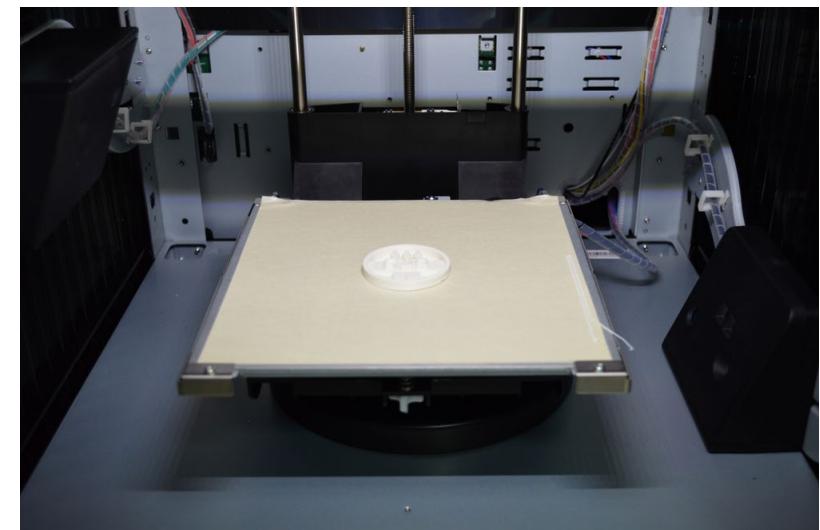
Создание
STL-файла

3
Разделение
на слои

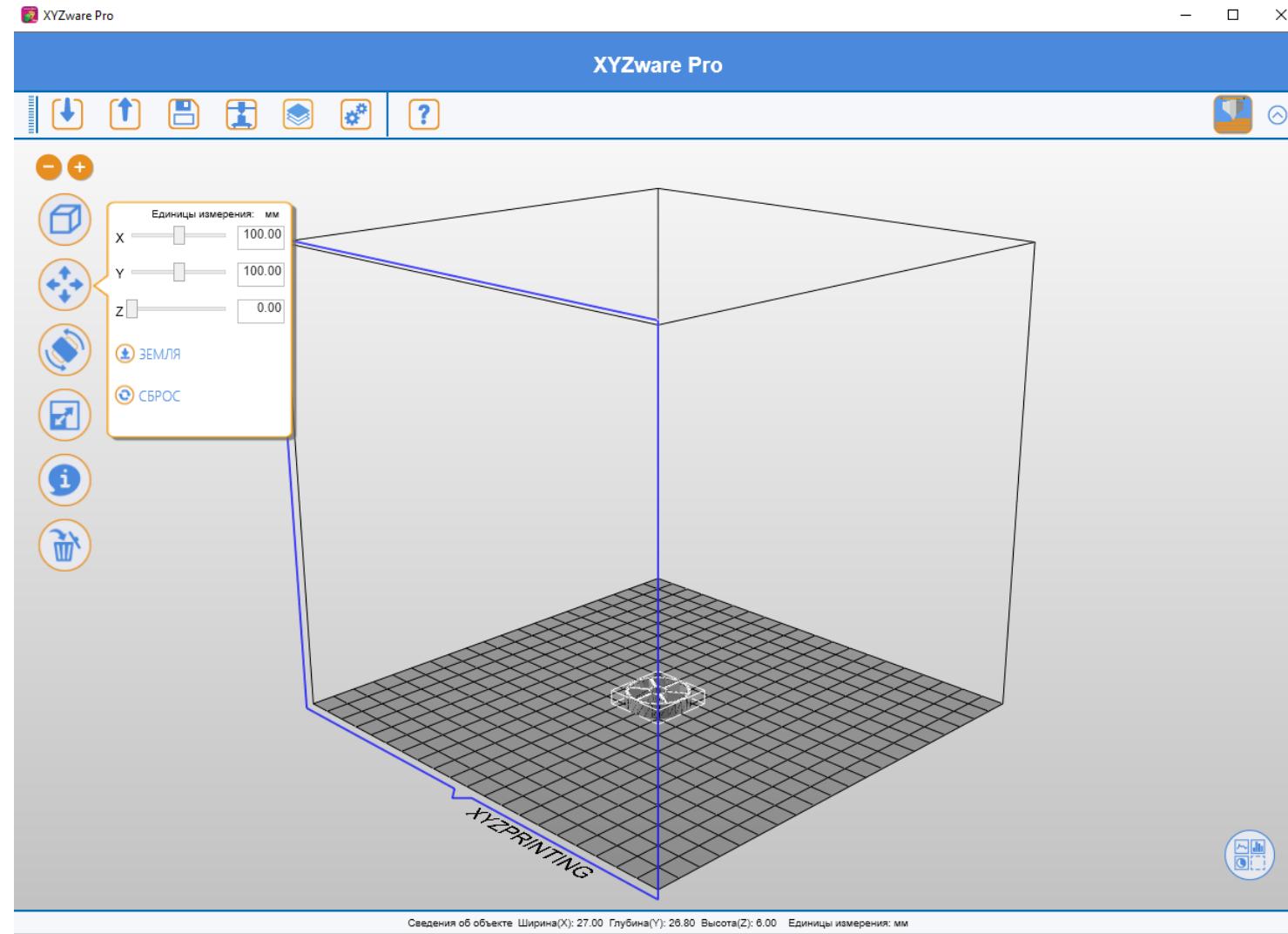
4
3D-печать

5
Финишная
обработка

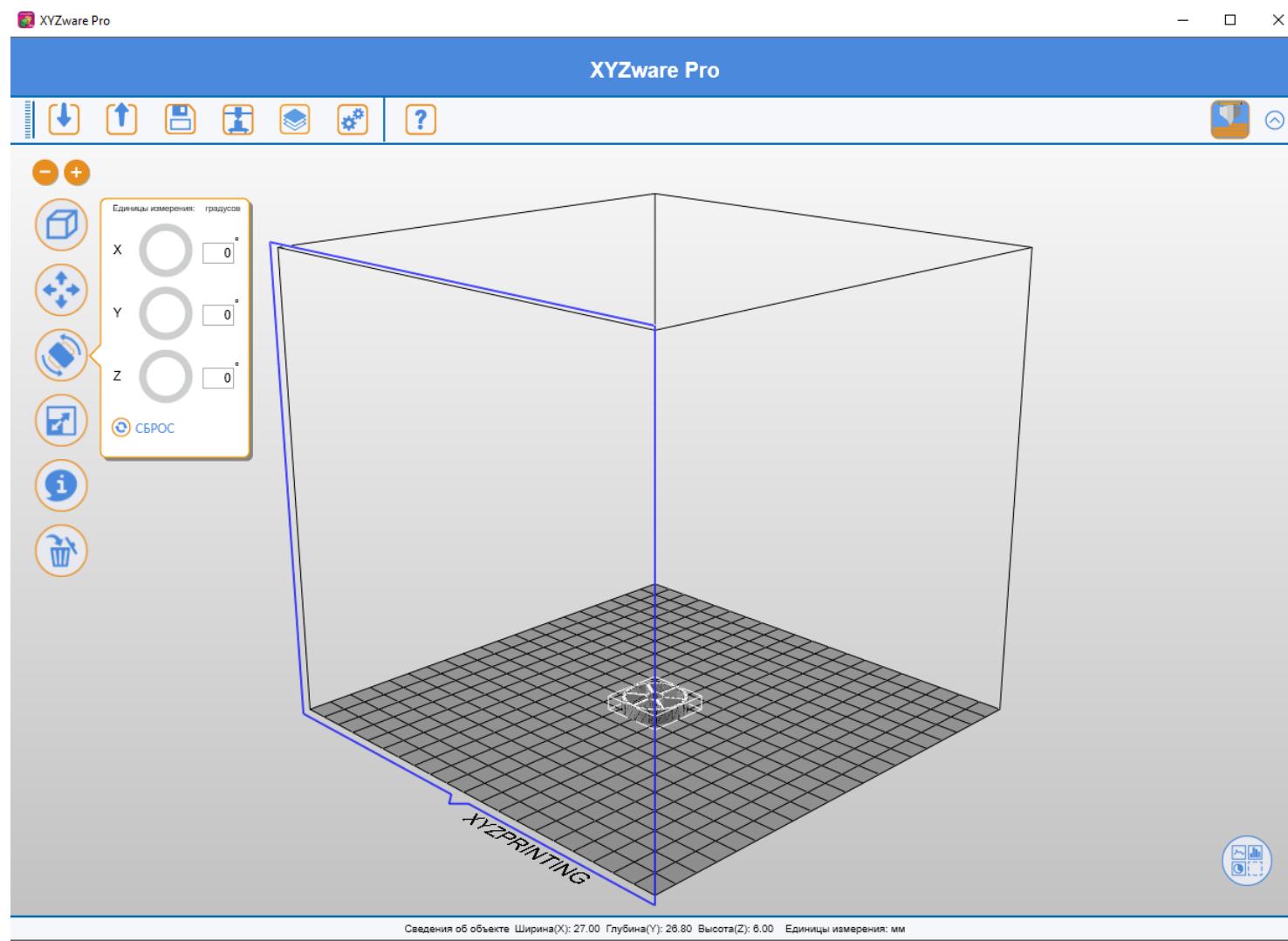
6
Готовое
изделие



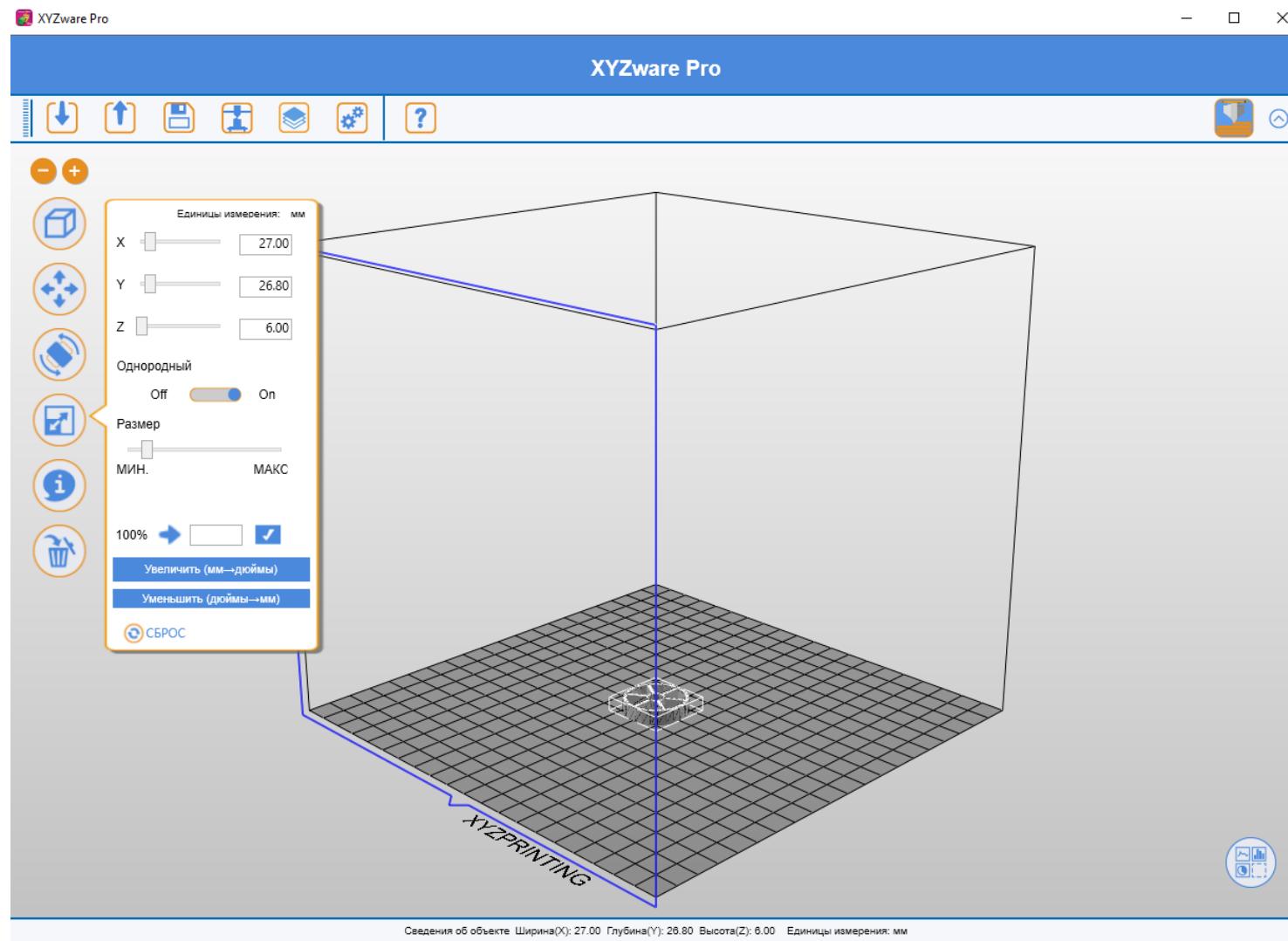
СЛАЙСЕР XYZ-PRINTING



СЛАЙСЕР XYZ-PRINTING



СЛАЙСЕР XYZ-PRINTING



СЛАЙСЕР XYZ-PRINTING

Печать

Печать

Профили

Создать Сохранить Загрузить Удалить

Принтер Общие Скорость Опоры Отвод Коэффициент выхода

Мой принтер

- Не подключен -

Картридж 1 - Не найден -

Профиль принтера

Мой принтер da Vinci 1.0 Pro 3in1

Картридж 1 ABS
(200 x 200 x 190 mm)

Температура

Сопло 1 210 °C

Платформа 90 °C

Отмена Сброс

Печать

Печать

Профили

Создать Сохранить Загрузить Удалить

Принтер Общие Скорость Опоры Отвод Коэффициент выхода

Слой

Толщина слоя 0.3 mm

Толщина оболочки

Обычная 2 layers

Верхняя поверхность 3 layers

Нижняя поверхность 3 layers

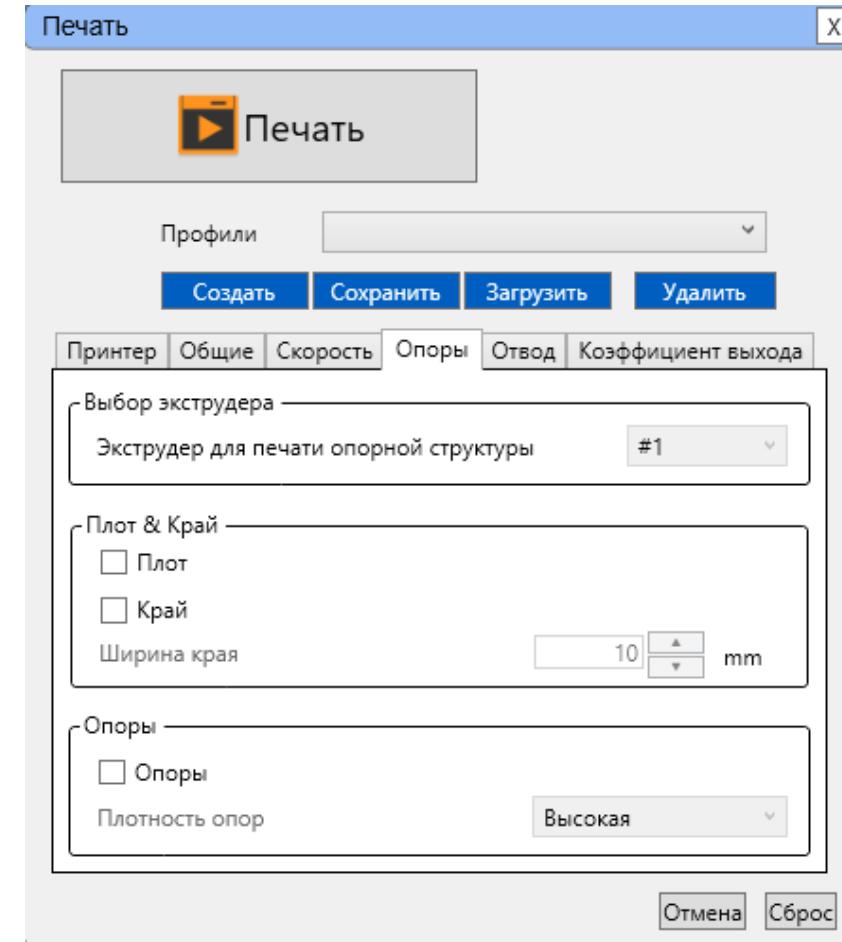
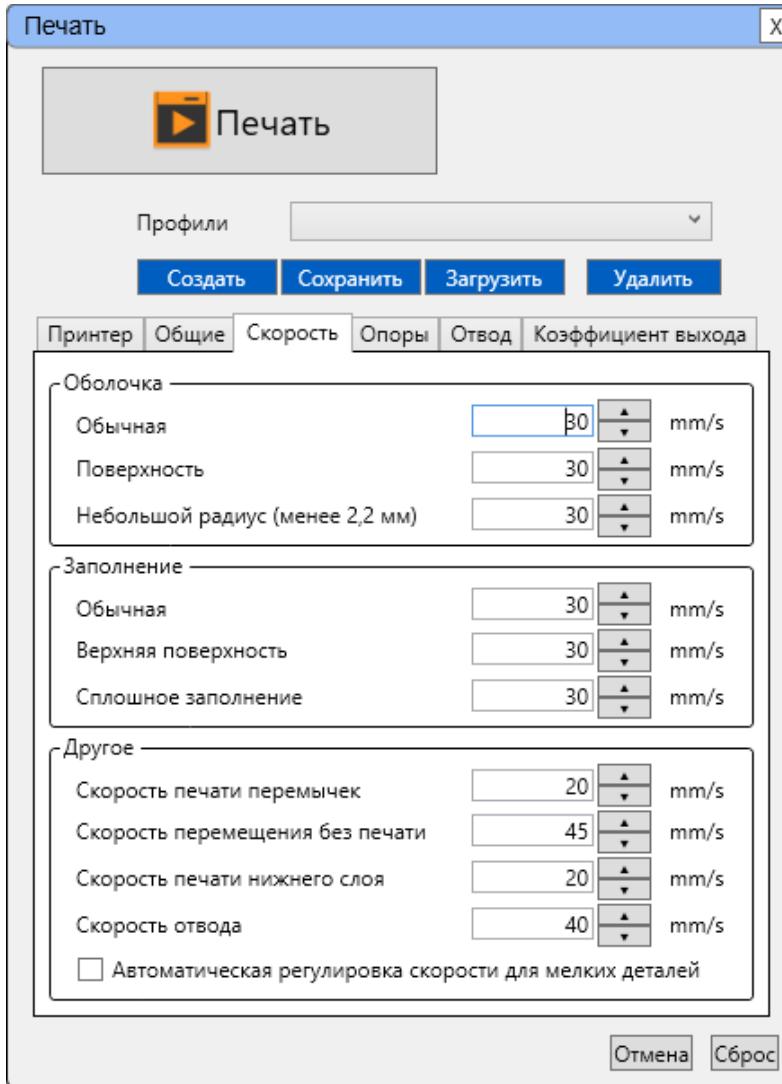
Заполнение

Плотность заполнения 10 %

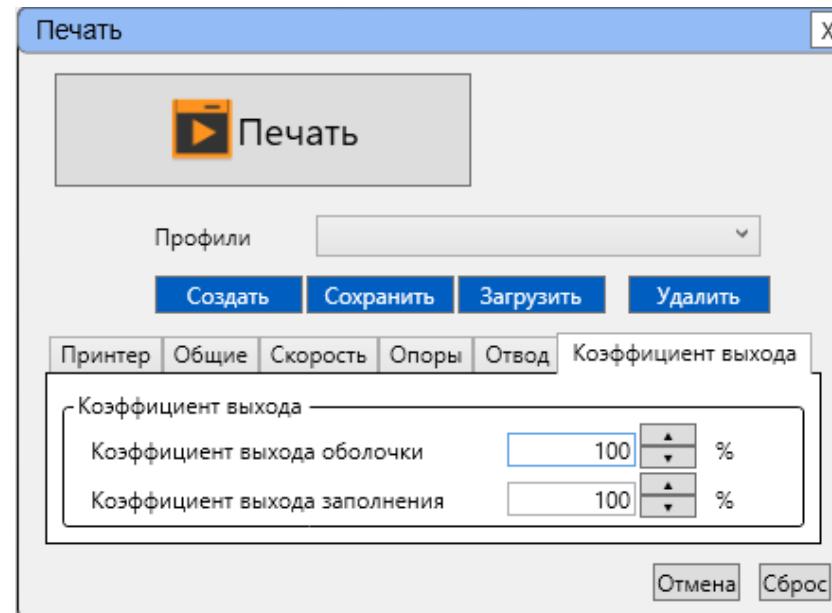
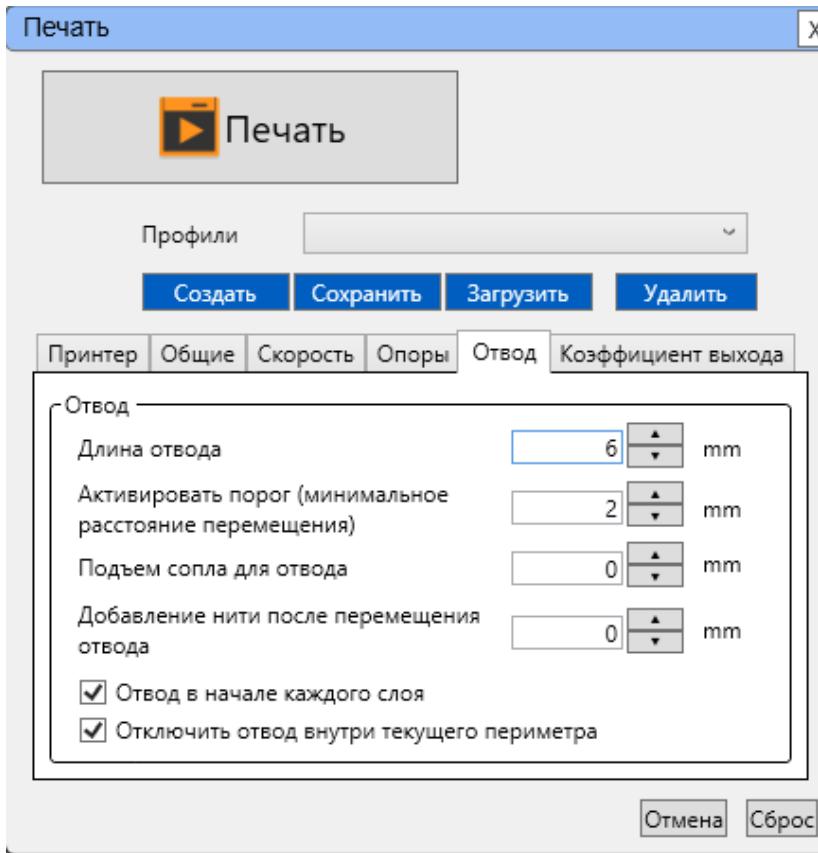
Тип заполнения Прямолинейный

Отмена Сброс

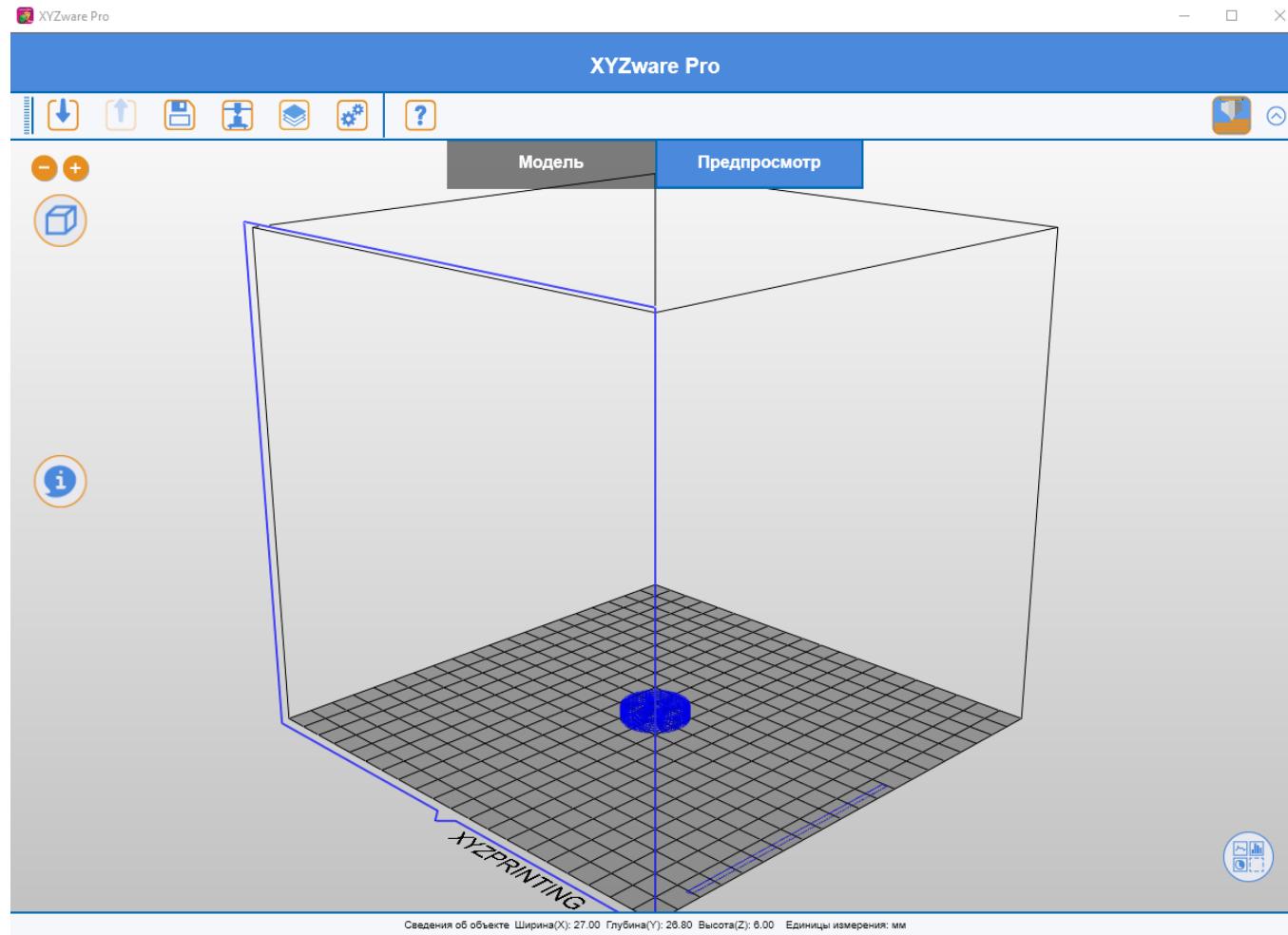
СЛАЙСЕР XYZ-PRINTING



СЛАЙСЕР XYZ-PRINTING



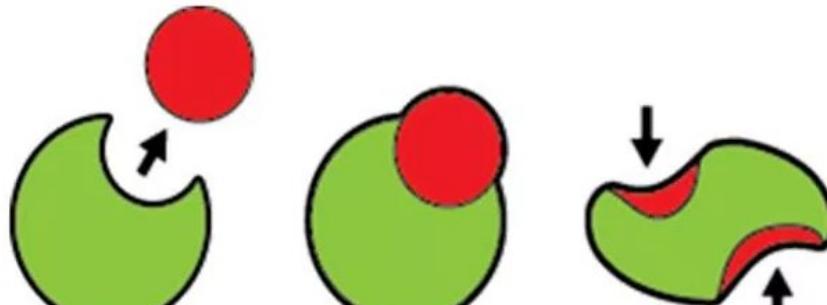
СЛАЙСЕР XYZ-PRINTING



АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (3D-ПЕЧАТЬ)



Способы производства



Субтрактивный

Аддитивный

Формирующий



1

Подготовка
CAD-модели

2

Создание
STL-файла

3

Разделение
на слои

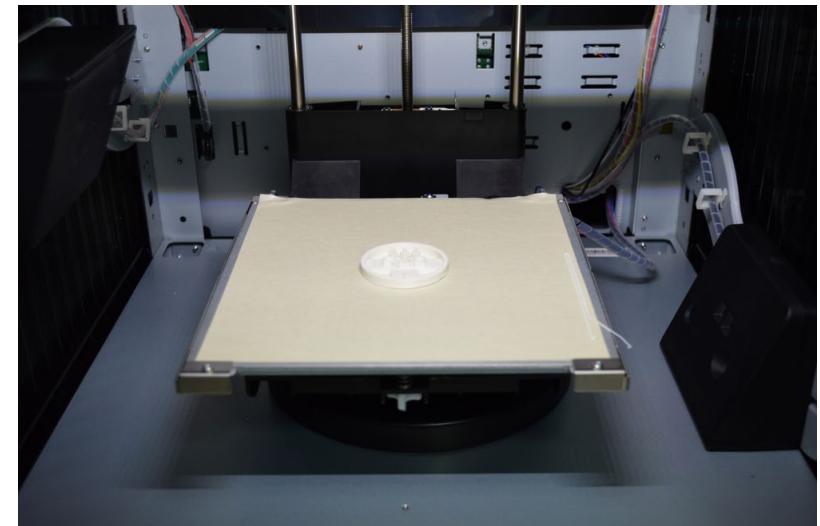
4
3D-печать

5

Финишная
обработка

6

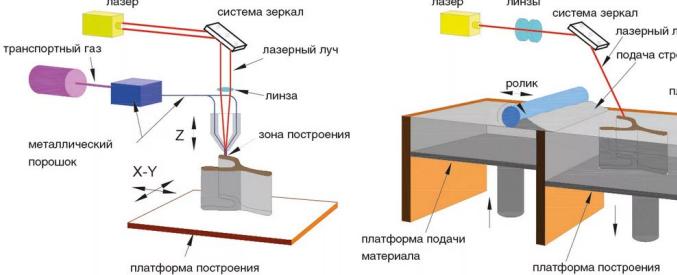
Готовое
изделие



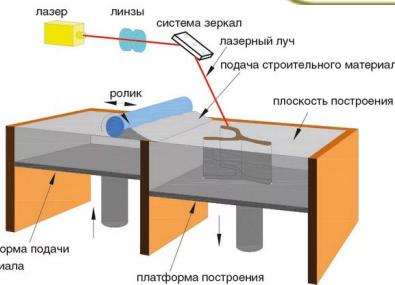
АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (3D-ПЕЧАТЬ)



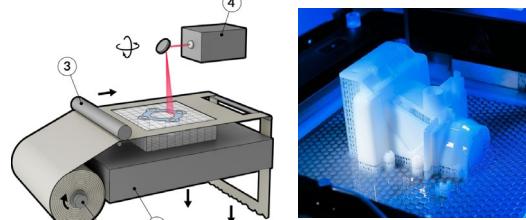
SLM



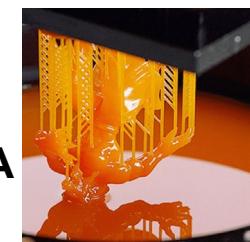
SLS



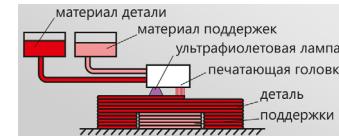
LOM



SLA



MJM



Аддитивные технологии

Гранулы

SLS, SLM, MIM, CIM, InkJet, DMD, LENS, MJS, EBM

Листовой материал

UAM, LOM

Гель

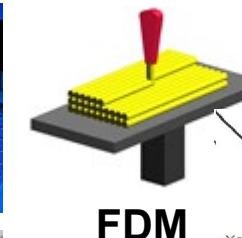
MJM (PolyJet), SLA

Проволока

FDM

Фидсток

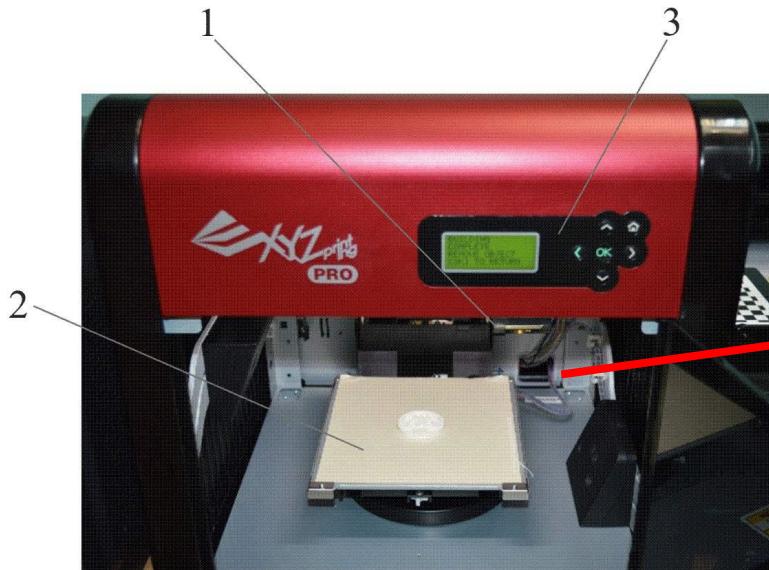
EBDM



FDM

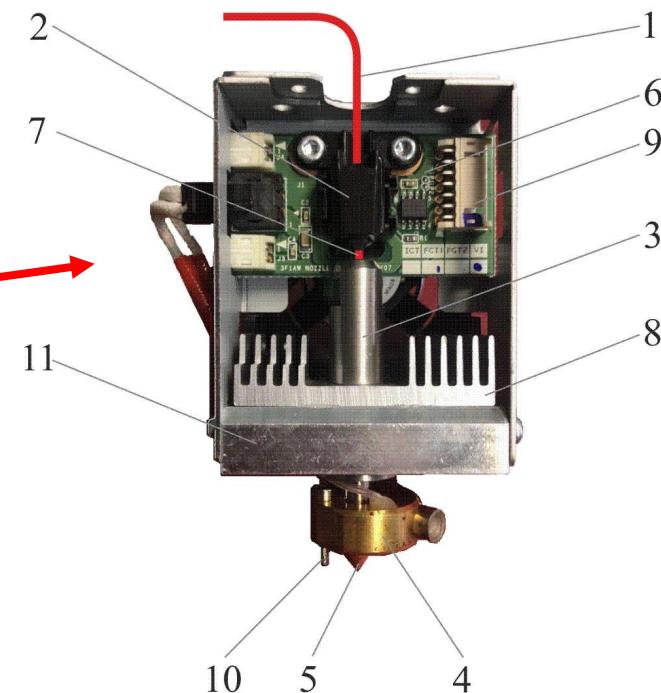
Характеристика	Вид пластика					
	ABS	PLA	HIPS	PETG	NYLON	ПОЛИКОРБАНАТ
Предел прочности	40 МПа	65 МПа	32 МПа	53 МПа	40-85 МПа	72 МПа
Жесткость	5/10	7.5/10	10/10	5/10	5/10	6/10
Прочность	8/10	4/10	7/10	8/10	10/10	10/10
Максимальная рабочая температура	98°C	52°C	100°C	73°C	80-95°C	121°C
Коэффициент теплового расширения	90 K ⁻¹	68 K ⁻¹	80 K ⁻¹	60 K ⁻¹	95 K ⁻¹	69 K ⁻¹
Плотность	1,04 гр/см ³	1,24 гр/см ³	1,03-1,04 гр/см ³	1,23 гр/см ³	1,06-1,14 гр/см ³	1,2 гр/см ³
Цена за метр, руб						
Легкость печати	6/10	9/10	6/10	9/10	8/10	6/10

ЗД-ПРИНТЕР XYZ Printing Da Vinci 1.0 PRO



Общий вид 3D-принтера XYZ
Printing Da Vinci 1.0 PRO:

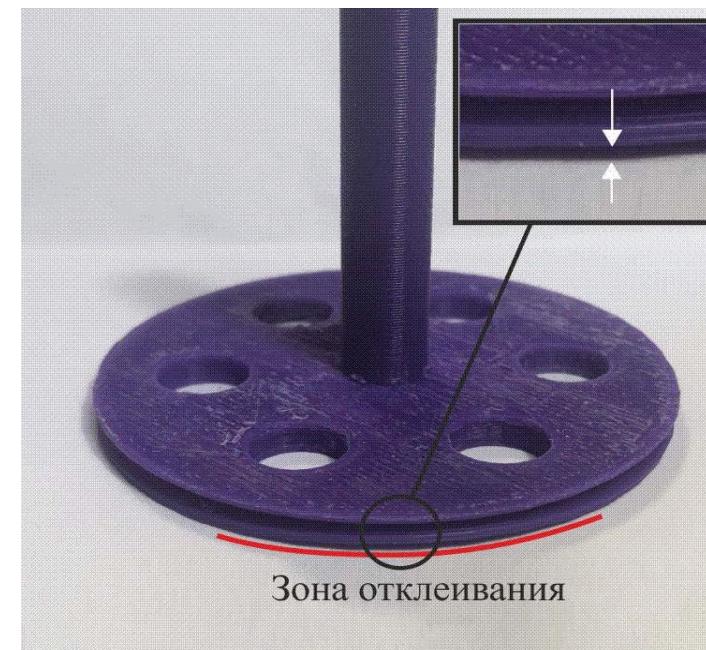
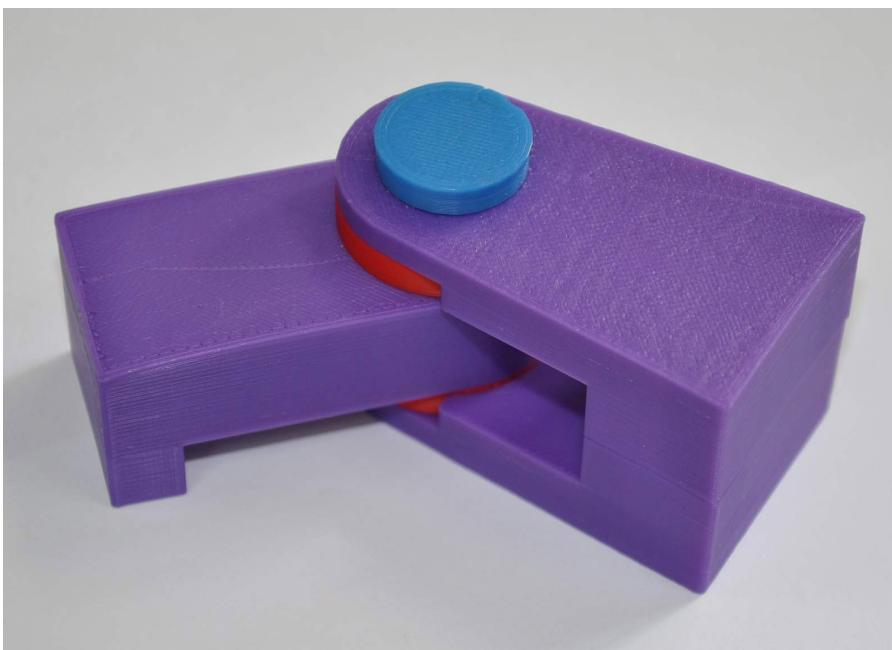
- 1 – печатающая головка;
- 2 – рабочий стол; 3 – панель
управления



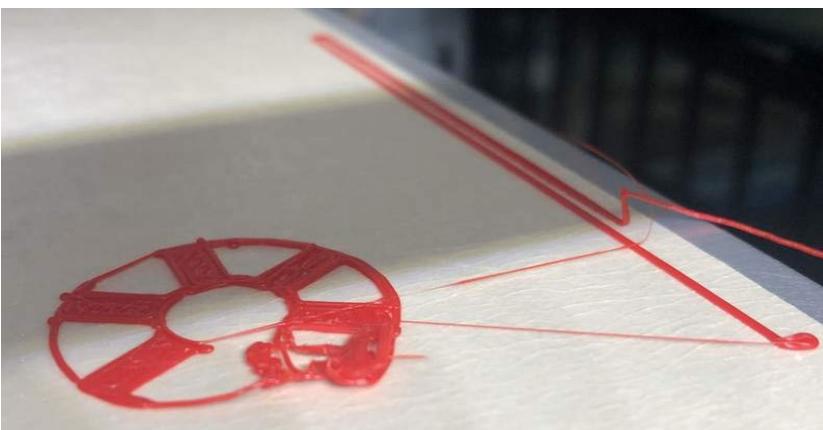
Конструкция печатающей головки 3D-принтера:

- 1 – пластиковая проволока (расходный материал для печати);
- 2 – зажим; 3 – направляющая втулка; 4 – экструдер; 5 – сопло;
- 6 – микроконтроллер печатающей головки; 7 – воздушный термоизоляционный зазор; 8 – радиатор охлаждения; 9 – разъем подключения питания и интерфейса управления;
- 10 – измерительный щуп; 11 – корпус

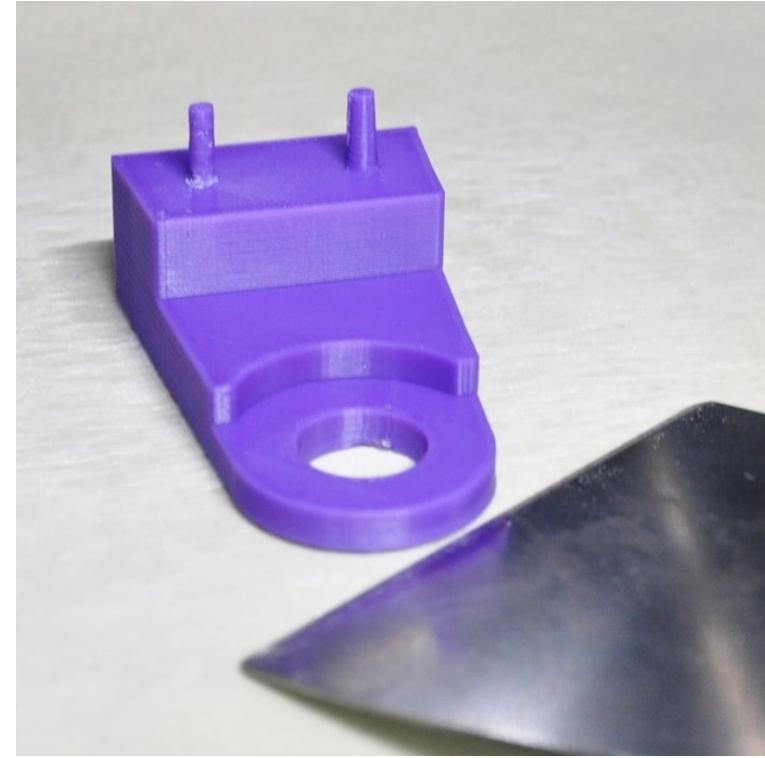
СЦЕПЛЕНИЕ ОБЪЕКТА С ПОДЛОЖКОЙ



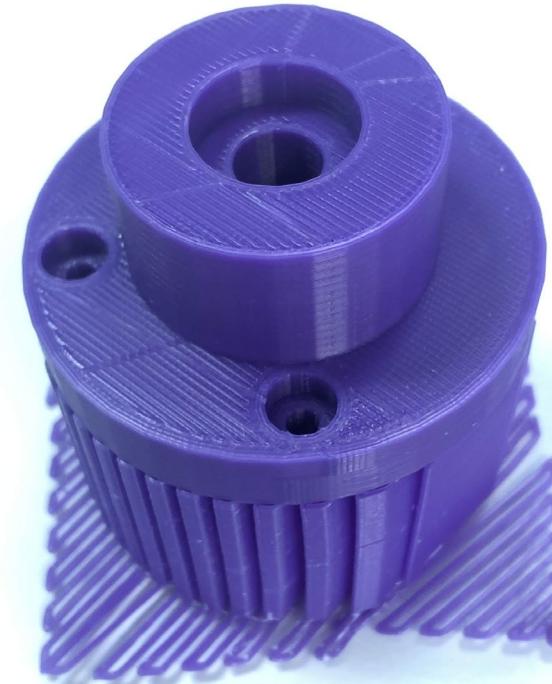
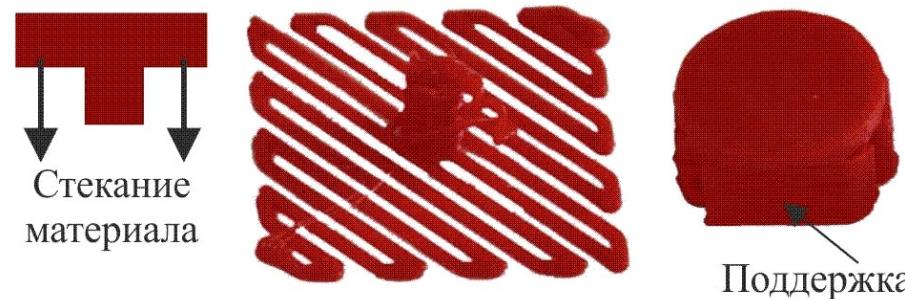
СЦЕПЛЕНИЕ ОБЪЕКТА С ПОДЛОЖКОЙ



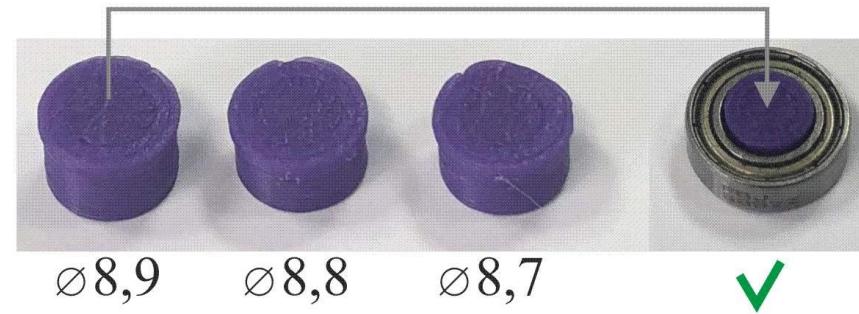
СЦЕПЛЕНИЕ ОБЪЕКТА С ПОДЛОЖКОЙ



ПОДДЕРЖКИ. ПЛОТ. ПОДБОР РАЗМЕРОВ



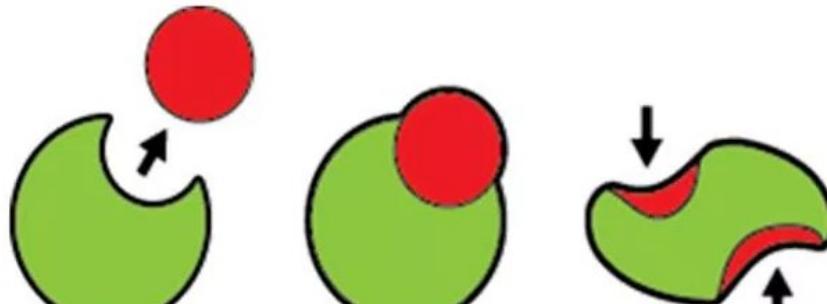
Подбор размеров



АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (3D-ПЕЧАТЬ)



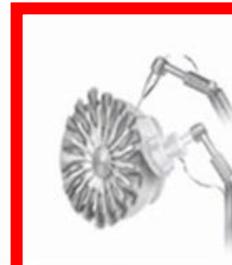
Способы производства



Субтрактивный

Аддитивный

Формирующий



1

Подготовка
CAD-модели

2

Создание
STL-файла

3

Разделение
на слои

4

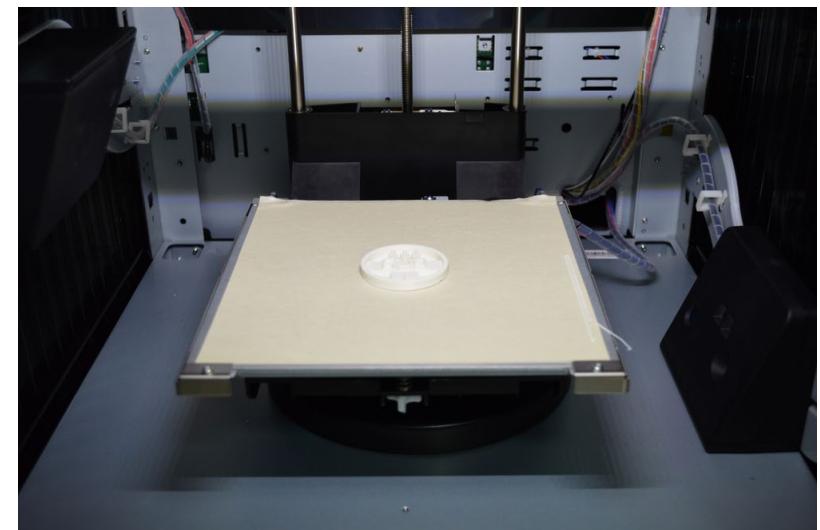
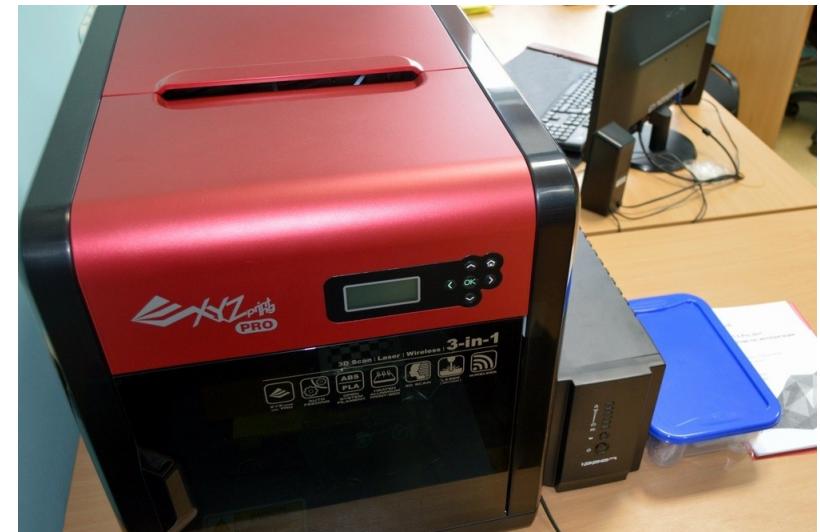
3D-печать

5

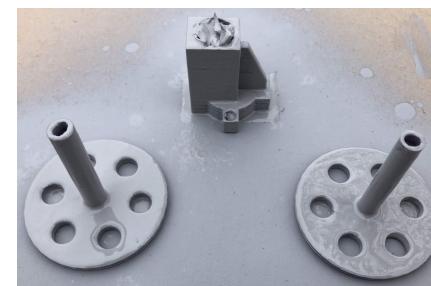
Финишная
обработка

6

Готовое
изделие



ФИНИШНАЯ ДОРАБОТКА ОБЪЕКТОВ



Механообработка.

Грунтовка.

Окраска.



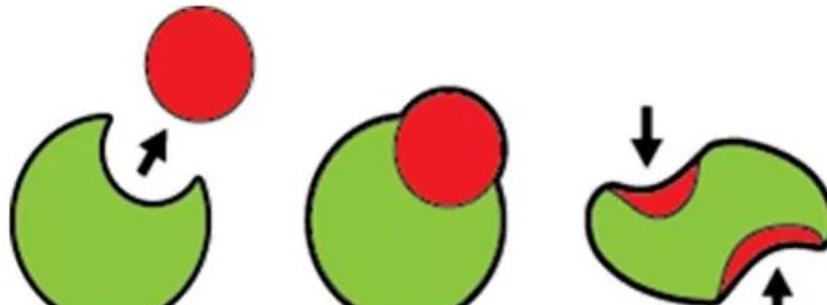
АЦЕТОНОВАЯ БАНЯ И РАБОТА С ДЕФЕКТАМИ



АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (3D-ПЕЧАТЬ)



Способы производства



Субтрактивный

Аддитивный

Формирующий



1

Подготовка
CAD-модели

2

Создание
STL-файла

3

Разделение
на слои

4

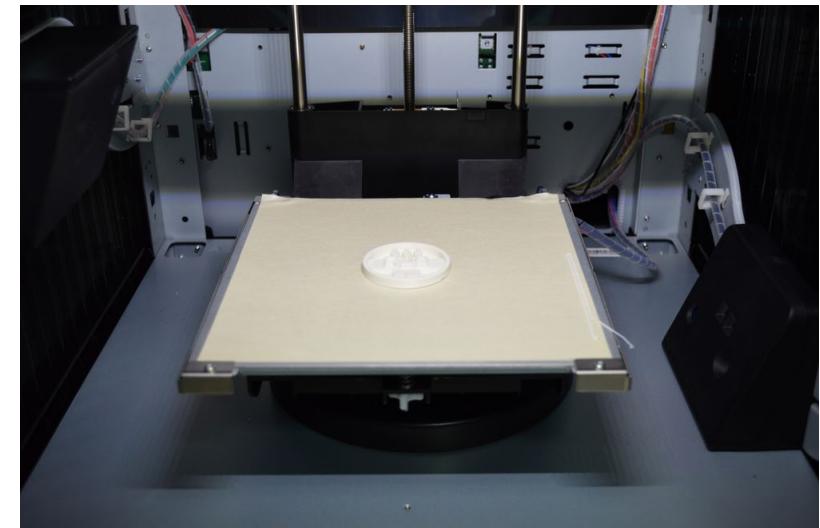
3D-печать

5

Финишная
обработка

6

Готовое
изделие



МАКЕТЫ МОБИЛЬНЫХ КАНАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ



ВИРТУАЛЬНАЯ И ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ



AR VR

ВИРТУАЛЬНАЯ И ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

OCULUS RIFT





Спасибо за внимание!

Лагерев Игорь Александрович
E-mail: lagerev-bgu@yandex.ru