

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ,
МЕХАНИКИ И ОПТИКИ»

Проект «ИТ-классы в московских школах»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА НАПРАВЛЕНИЯ

Моделирование и прототипирование

(10, 11 класс, 128 часов)

Руководитель авторского коллектива:

Щеколдин Алексей Игоревич, директор Детского технопарка ITMO.KIDS

**Санкт-Петербург
2019 г.**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА НАПРАВЛЕНИЯ

Разработана:

Руководитель авторского коллектива:

Щеколдин Алексей Игоревич, директор, Детский технопарк ITMO.KIDS _____

Список авторов:

Грибовский Андрей Александрович, к.т.н., доцент, факультет СУиР _____

Щеколдин Алексей Игоревич, директор, Детский технопарк ITMO.KIDS _____

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

ВВЕДЕНИЕ

Курс «МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОТОТИПИРОВАНИЕ» является частью образовательной программы для ИТ-классов средней школы.

Элементы обучения производственным технологиям, инженерному дизайну, прототипированию, управлению жизненным циклом изделия вводятся с первого полугодия 10 класса с постепенным усложнением содержания соответственно возрасту обучающегося и заканчиваются во втором полугодии 11-го класса.

Курс носит междисциплинарный характер и может быть фактически разнесен между часами, отведенными на элективные дисциплины и внеурочную деятельность.

Предлагаемая программа соответствует положениям федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования.

Программа курса отражает способы формирования универсальных учебных действий, составляющих основу для профессионального самоопределения, саморазвития и непрерывного образования, выработки коммуникативных качеств, целостности общекультурного, личностного и познавательного развития учащихся.

Рабочая программа составлена на основе:

- Закона об образовании Российской Федерации
- Федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования.
- Приказа Минтруда России от 13.10.2014 N 713н "Об утверждении профессионального стандарта "Специалист по автоматизированным системам управления производством"
- Приказа Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 18 ноября 2014 № 894н "Об утверждении профессионального стандарта "Промышленный дизайнер (эргономист)"
- ПРИКАЗА МИНИСТЕРСТВА ТРУДА И СОЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ от 1 марта 2017 года N 218н Об утверждении профессионального стандарта "Специалист по инжинирингу машиностроительного производства"
- Приказа Минтруда России от 26.12.2014 N 1166н "Об утверждении профессионального стандарта "Специалист по компьютерному программированию станков с числовым программным управлением"
- Приказа Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 13.03.2017 № 277н "Об утверждении профессионального стандарта "Специалист по разработке технологий и программ для станков с числовым программным управлением"
- Приказа Министерства труда и социальной защиты РФ от 13 марта 2017 г. № 274н "Об утверждении профессионального стандарта "Специалист по технологиям механообрабатывающего производства в машиностроении"

Программа соответствует требованиям к структуре программ, заявленным в ФГОС, и включает следующие разделы:

- Пояснительная записка, в которой уточняются общие цели образования с учетом специфики курса.
- Общая характеристика курса, содержащая ценностные ориентиры образования по профилю «Моделирование и прототипирование».
- Место данного курса в учебном плане.
- Результаты освоения курса (личностные, метапредметные и предметные), соответствующие глобальным целям образования по профилю «Моделирование и

прототипирование» и принципу развивающего обучения, лежащему в основе предлагаемой программы.

- Содержание курса по направлению «Моделирование и прототипирование» в 10 и 11 классах.
- Тематическое планирование, которое дает представление об основных видах учебной деятельности в процессе освоения курса в 10-11 классах основной школы.
- Рекомендации по учебно-методическому и материально-техническому обеспечению образовательного процесса.
- Планируемые результаты освоения программы.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РЕАЛИЗАЦИИ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ОСНОВНОГО ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ПО КУРСУ

Направление “Моделирование и прототипирование” формирует у учащегося набор ключевых компетенций, важных для самовыражения в современном быстро меняющемся мире. Успешно изучившие данное направления будут готовы осваивать окружающий мир в цифровом виде и видоизменять его с учетом имеющихся потребностей. Это реализуется за счет двух ключевых составляющих данного направления:

1. Моделирование позволяет представлять окружающий мир в цифровом виде. Учащийся получает навыки по созданию изделий различной сложности, что закладывает основу развитию во множестве направлений деятельности.
2. Прототипирование является важнейшим средством воплощения своих идей в реальность. Создание прототипов может осуществляться в кратчайшие сроки, а их наглядность очень важна при желании донести свою идею до других. В данной части направления изучаются как традиционные технологии прототипирования, охватывающие множество видов материалов и различные уровни сложности производства, так и технологии быстрого прототипирования (аддитивные технологии, трехмерная печать), которые поистине являются прорывом 21 века и составляют основу четвертой промышленной революции.

ПРИНЦИПЫ И ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ ПРОГРАММЫ

Курс построен таким образом, что нагрузка нарастает постепенно, переходя от более простых тем к частным случаям. В результате у ученика должен сформироваться необходимый базис, предполагающий возможность дальнейшего решения задач из области всех отдельных образовательных сфер, определённых государственными стандартами.

Помимо этого, в курсе особое внимание уделяется работе “учащийся-учитель” где второй выступает в качестве ментора. Крайне важным при построении курса является лично-ориентированный подход и получение обратной связи от учеников, что ведет к большей вовлеченности в учебный процесс.

Обучение базируется на существующих образовательных стандартах по таким направлениям, как:

1. Специалист по автоматизированным системам управления производством. Предполагающим проведение работ по управлению ресурсами АСУП. Объектом профессиональной деятельности при этом являются процессы управления производством.
2. Промышленный дизайнер (эргономист). Предполагающим реализацию эргономических требований к продукции, создание элементов промышленного дизайна. Объектом профессиональной деятельности при этом являются процессы моделирования промышленных объектов.
3. Специалист по инжинирингу машиностроительного производства. Предполагающим инжиниринговую деятельность на машиностроительном производстве. Объектом профессиональной деятельности при этом являются процессы сопровождения жизненного цикла продукции машиностроения.

4. Специалист по компьютерному программированию станков с числовым программным управлением. Предполагающим компьютерное программирование станков с числовым программным управлением 2- и 3 координатной обработки лезвийным инструментом. Объектом профессиональной деятельности при этом являются процессы подготовки к производству на станках с числовым программным управлением.
5. Специалист по разработке технологий и программ для станков с числовым программным управлением. Предполагающим разработку технологий и программ изготовления сложных корпусных деталей на станках с ЧПУ. Объектом профессиональной деятельности при этом являются процессы подготовки к производству сложных деталей на оборудовании с ЧПУ.
6. Специалист по технологиям механообрабатывающего производства в машиностроении. Предполагающим технологическую подготовку и обеспечение производства деталей машиностроения высокой сложности. Объектом профессиональной деятельности при этом являются процессы подготовки производства деталей высокой сложности.

СОСТАВ УЧАСТНИКОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Программа основного общего образования рассчитана на реализацию в 10 - 11 классах общеобразовательных учреждений и учреждений с углубленным изучением отдельных предметов, и нацелена на возрастную категорию учащихся 15 – 18 лет.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УЧЕБНОГО КУРСА

Представленная программа направления «Моделирование и прототипирование» (10-11 класс)» предназначена для практического освоения учащимися «основные виды профессиональной деятельности». Программа рассчитана на 2 года (10-11 класс), при этом обучение можно условно разделить на 4 модуля:

1. *Управление жизненным циклом изделий.* Изучение основных этапов жизни любого изделия и тех информационных систем, которые позволяют управлять данным процессом, а также координировать совместную работу групп различных масштабов. Учащийся получит навыки управления проектами в цифровой среде и будет готов к работе на любых современных предприятиях, выпускающих конечную продукцию.

2. *Трехмерное моделирование.* Получение практических навыков по моделированию различных изделий и процессов с последующим оформлением необходимой документации в цифровом виде. Изучаются как средства трехмерного моделирования, так и инженерного анализа, позволяющие проводить виртуальные испытания проектируемых изделий и определения влияния множества факторов на долговечность проектируемого объекта. Прототипирование с использованием станков с ЧПУ. Моделирование производственных процессов в САМ-системах. Моделирование нагрузок в САЕ-системах.

3. *Трехмерное сканирование.* Изучение существующих средств трехмерного сканирования. Получение практических навыков по работе с различными трехмерными сканерами. Доработка результатов трехмерного сканирования для использования при решении различных задач. Обратное проектирование изделий по результатам трехмерного сканирования.

4. *Быстрое производство.* Освоение технологии быстрого прототипирования. Изучение видов аддитивных технологий. Ознакомление с передовыми технологиями трехмерной печати.

Содержание курса направлено на формирование универсальных учебных действий, обеспечивающих развитие познавательных и коммуникативных качеств личности. Обучающиеся включаются в проектную и исследовательскую деятельность, основу которой составляют такие учебные действия, как умение видеть проблемы, ставить вопросы, классифицировать, наблюдать, проводить эксперименты, делать выводы, объяснять, доказывать, защищать свои идеи, давать определение понятиям, структурировать материал. Научатся решать нетривиальные задачи, связанные с производственным процессом, анализировать имеющиеся результаты и предлагать пути решения появляющихся проблем, базируясь на опыте, полученным в ходе реализации курса. Обучающиеся включаются в коммуникативную учебную деятельность, где преобладают такие ее виды, как умение полно и точно выражать свои мысли, аргументировать свою точку зрения, работать в группе, представлять и сообщать информацию в устной и письменной форме, вступать в диалог и др.

Программа курса «Моделирование и прототипирование» для средней школы предусматривает реализацию следующих принципов:

- Личностная ориентированность процесса обучения
- Поэтапное нарастание сложности программы
- Внимание к развитию личностных качеств учащихся
- Практико-ориентированный процесс обучения
- Развитие системного мышления у учеников за счет блочной структуры курса и взаимосвязанности получаемых знаний
- Проведение исследовательских работ для формирования научного подхода к изучению материала
- Учет разных уровней подготовки учеников за счет использования ряда самостоятельных и индивидуальных заданий

ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОГО КУРСА

Деятельность образовательного учреждения в обучении по направлению «Моделирование и прототипирование» должна быть направлена на достижение обучающимися следующих **личностных результатов**:

- Формирование у учащегося желания вести познавательную и исследовательскую деятельность
- Вовлечение учеников в научно-техническую сферу науки
- Формирование логического и критического мышления к окружающей информации
- Готовность и способность к самостоятельной, творческой и ответственной деятельности;
- Навыки сотрудничества со сверстниками, детьми младшего возраста, взрослыми в образовательной, общественно полезной, учебно-исследовательской, проектной и других видах деятельности;
- Готовность и способность к образованию, в том числе самообразованию, на протяжении всей жизни;

- Сознательное отношение к непрерывному образованию как условию успешной профессиональной и общественной деятельности;
- Эстетическое отношение к миру, включая эстетику научного и технического творчества;
- Осознанный выбор будущей профессии и возможностей реализации собственных жизненных планов; отношение к профессиональной деятельности как возможности участия в решении личных, общественных, государственных, общенациональных проблем;

Метапредметными результатами освоения программы по направлению «Моделирование и прототипирование» являются:

- Умение строить модели и анализировать их
- Объектное восприятие окружающего мира и развитие пространственного мышления
- Умение выделять из проблем задачи
- Умение строить исследовательскую работу нацеленную на конечный практический результат
- Умение формализовать получаемый опыт и встраивать его в существующую картину мира
- Познания в способах производства изделия и выделение основных производственных процессов
- Понимание основных способов производства из недостатков, преимуществ и ограничений

Предметными результатами освоения программы по направлению «Моделирование и прототипирование» являются:

- Умение управлять жизненным циклом изделия
- Умение моделировать процессы и проводить структурный анализ
- Умение моделировать поведение сложных систем
- Умение моделировать трехмерные модели и исправлять их недостатки
- Умение контролировать качество деталей на основе трехмерных сканов
- Умение работать с 3D-принтерами.
- Умение программировать ЧПУ станки
- Умение производить реверс инжиниринг существующих объектов
- Умение моделировать и симулировать работу оборудования

Одними из возможных критериев оценки знаний, полученных учениками может являться участие в направлении по WorldSkills, победа на олимпиадах связанной с прямыми и косвенными знаниями полученными в ходе курса, участие в олимпиаде НТИ, реализация собственного проекта по реинжинирингу или проектированию устройства, выступление на научных конференциях по тематике курса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, данная учебная программа удовлетворяет требованиям Федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования по изучению учебных предметов.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

Рабочей программой предусмотрен следующий тематический план, который представлен в таблице 1.

Таблица 1 Тематический план

№ п/п	Модуль	Наименование раздела	Количество часов
1 полугодие 10 класса			
1	Быстрое производство	Технологии производства деталей и изделий.	2
2	Быстрое производство	Технологическая подготовка производства.	2
3	Быстрое производство	Основы аддитивных технологий.	2
4	Быстрое производство	Наплавление полимерной нити.	2
5	Быстрое производство	Трехмерная печать из фотополимера.	2
6	Быстрое производство	Текущий контроль.	2
7	Трехмерное моделирование	Основы моделирования.	2
8	Трехмерное моделирование	Моделирование эскизов.	2
9	Трехмерное моделирование	Операции выдавливания.	2
10	Трехмерное моделирование	Операции вращения.	2
11	Трехмерное моделирование	Текущий контроль.	2
12	Трехмерное моделирование	Параметризация в САД-системах.	2
13	Трехмерное моделирование	Трехмерные сборки.	2
14	Трехмерное моделирование	Использование параметрических систем моделирования.	2
15	Трехмерное моделирование	Переменные, циклы и модули в параметрических системах моделирования.	2
16	Трехмерное моделирование	Текущий контроль.	2
2 полугодие 10 класса			
17	Управление жизненным циклом изделия.	ИПИ-технологии. Жизненный цикл изделий.	2
18	Трехмерное сканирование	Основы трехмерного сканирования.	2
19	Трехмерное сканирование	Трехмерное сканирование с использованием ручных сканеров.	2
20	Трехмерное сканирование	Трехмерное сканирование с использованием стационарных сканеров.	2
21	Трехмерное сканирование	Текущий контроль.	2
22	Трехмерное сканирование	Построение трехмерных сканов с использованием ручных сканеров.	2
23	Трехмерное сканирование	Построение трехмерных сканов с использованием стационарных сканеров.	2

24	Трехмерное сканирование	Доработка трехмерных сканов с использованием ручных сканеров.	2
25	Трехмерное сканирование	Доработка трехмерных сканов с использованием стационарных сканеров.	2
26	Трехмерное сканирование	Текущий контроль.	2
27	Быстрое производство	Базовые инструментарии полигонального моделирования.	2
28	Быстрое производство	Выделение и настройки полигональной поверхности.	2
29	Быстрое производство	Выполнение деформации и скульптурного моделирования.	2
30	Быстрое производство	Редактирование полигональных поверхностей.	2
31	Быстрое производство	Настройка полигональных моделей перед трехмерной печатью.	2
32	Быстрое производство	Текущий контроль.	2
1 полугодие 11 класса			
33	Трехмерное моделирование	Симуляция и моделирование процессов.	2
34	Трехмерное моделирование	Основы инженерного анализа.	2
35	Трехмерное моделирование	Базовые настройки для проведения структурного анализа.	2
36	Трехмерное моделирование	Выполнение симуляции нагрузок для типовых деталей.	2
37	Трехмерное моделирование	Текущий контроль.	2
38	Быстрое производство	Основы механообработки и теории резанья.	2
39	Быстрое производство	Особенности программирования и управления оборудованием с ЧПУ.	2
40	Быстрое производство	Основы моделирования процессов фрезерования в САМ-системах.	2
41	Быстрое производство	Моделирование обработки типовых элементов в САМ-системах.	2
42	Быстрое производство	Текущий контроль.	2
43	Быстрое производство	Планирование трехмерной печати изделия.	2
44	Быстрое производство	Использование программного обеспечения для подготовки управляющей программы при печати расплавленной нитью.	2
45	Быстрое производство	Использование программного обеспечения для подготовки управляющей программы фотополимерного принтера.	2
46	Быстрое производство	Изготовление на трехмерном принтере и анализ качества.	2
47	Быстрое производство	Коррекция изделий и управляющих программ по результатам трехмерной печати.	2
48	Быстрое производство	Текущий контроль.	2
2 полугодие 11 класса			

49	Трехмерное сканирование	Измерение трехмерных сканов.	2
50	Трехмерное сканирование	Применение программного обеспечения для сравнительного контроля деталей.	2
51	Трехмерное сканирование	Контроль единичных деталей и партий.	2
52	Трехмерное сканирование	Основные методы, подходы и средства обратного проектирования.	2
53	Трехмерное сканирование	Обратное проектирование по результатам трехмерного сканирования.	2
54	Трехмерное сканирование	Текущий контроль.	2
55	Управление жизненным циклом изделия.	Моделирование поведения систем. Методологии, стандарты и инструменты.	2
56	Управление жизненным циклом изделия.	Концептуальная модель. Оптимизация концептуальной модели.	2
57	Управление жизненным циклом изделия.	Совместная работа и управление задачами.	2
58	Управление жизненным циклом изделия.	Графический язык визуального моделирования UML.	2
59	Управление жизненным циклом изделия.	Текущий контроль.	2
60	Управление жизненным циклом изделия.	Структурированная модель данных.	2
61	Управление жизненным циклом изделия.	Системы управления данными.	2
62	Быстрое производство	Перспективы развития современного производства.	2
63	Быстрое производство	Перспективы развития аддитивных технологий.	2
64	Управление жизненным циклом изделия.	Текущий контроль.	2

Примечание. Разделы, относящиеся к одному модулю, могут быть реализованы в различных полугодиях. В том числе, возможно параллельное изучение материала нескольких модулей, если это обосновано логикой освоения материала.

Краткое содержание разделов:

1-е полугодие 10 класса.

- 1. Технологии производства деталей и изделий.** Виды технологий изготовления изделий и их особенности. Заготовки деталей и их назначение.
- 2. Технологическая подготовка производства.** Производственные и технологические процессы. Точность изготовления деталей. Технологичность изделий и ее обеспечение. Документация, применяемая на производстве.
- 3. Основы аддитивных технологий.** Аддитивные технологии. Базовый принцип изготовления. Основные виды аддитивного оборудования и их функционирование. Используемые материалы. Сферы применения.

4. **Наплавление полимерной нити.** Аддитивное оборудование, использующее технологию FFF и его особенности. Структура трехмерных принтеров. Используемые компоненты. Алгоритм работы трехмерного принтера.
5. **Трехмерная печать из фотополимера.** Аддитивное оборудование, использующее технологию SLA\DLP и его особенности. Структура трехмерных принтеров. Используемые компоненты. Алгоритм работы трехмерного принтера. Аддитивное оборудование, использующее технологию MJM (PolyJet) и его особенности.
6. **Текущий контроль.** Контроль знаний по основам производства и трехмерной печати.
7. **Основы моделирования.** Понятие модели и виды моделей. Понятие трехмерного моделирования. Основные виды трехмерного моделирования. Основы создания PLM-объектов. Знакомство с интерфейсом CAD-системы.
8. **Моделирование эскизов.** Создание эскизов. Настройка эскизов. Создание базовых элементов и профилей. Создание эскизов сложной формы.
9. **Операции выдавливания.** Способы формирования тел на основе эскизов. Использование операций выдавливания. Применение средств многоуровневого выдавливание тел.
10. **Операции вращения.** Создание конструкций на основе операции вращения. Построение различных типов отверстий. Создание тонкостенных элементов.
11. **Текущий контроль.** Создание типовых конструкций на основе операции выдавливания и вращения.
12. **Параметризация в CAD-системах.** Работа с размерами и отклонениями при моделировании. Определение параметрических связей между элементами модели.
13. **Трехмерные сборки.** Создание трехмерных сборок. Основные функции и задачи. Взаимное позиционирование компонентов в трехмерной сборке.
14. **Использование параметрических систем моделирования.** Уровни параметризации в системах проектирования. Программная генерация моделей. Знакомство с системой программного твердотельного моделирования. Основные конструкции и структура модели. Применение булевых операций. Операции перемещения и поворота. Упражнение по созданию первой модели.
15. **Переменные, циклы и модули в параметрических системах моделирования.** Проектирование параметрических моделей. Применение циклов. Упражнение по созданию параметрических массивов. Использование модулей для сокращения описания моделей. Применение условий и математических операций. Упражнение по созданию комплексной модели.
16. **Текущий контроль.** Самостоятельный проект по параметрическому моделированию, работе с размерами.

2-е полугодие 10 класса.
17. **ИПИ-технологии. Жизненный цикл изделий.** Информационная поддержка жизненного цикла изделия. PDM\CAD\CAM\CAE-системы. Управление жизненным циклом изделия.
18. **Основы трехмерного сканирования.** Основы оцифровки объектов окружающего мира. Оцифровка объемных объектов. Задачи, решаемые трехмерным сканированием. Виды технологий трехмерного сканирования, их ограничения и области применения.

19. **Трехмерное сканирование с использованием ручных сканеров.** Применение ручных сканеров для объемного сканирования. Подготовка объектов для проведения трехмерного сканирования. Выполнение трехмерного сканирования с использованием ручных сканеров.
20. **Трехмерное сканирование с использованием стационарных сканеров.** Применение стационарных сканеров для объемного сканирования. Подготовка объектов для проведения трехмерного сканирования. Выполнение трехмерного сканирования с использованием стационарных сканеров.
21. **Текущий контроль.** Трехмерное сканирование типовых объектов.
22. **Построение трехмерных сканов с использованием ручных сканеров.** Формирование трехмерного скана по результатам сканирования с использованием ручных сканеров. Осуществление шивки трехмерных сканов в единое тело. Фильтрация данных на трехмерном скане. Сглаживание моделей.
23. **Построение трехмерных сканов с использованием стационарных сканеров.** Формирование трехмерного скана по результатам сканирования с использованием стационарных сканеров. Фильтрация данных на трехмерном скане. Сглаживание моделей.
24. **Доработка трехмерных сканов с использованием ручных сканеров.** Основные погрешности и ошибки в модели после трехмерного сканирования с использованием ручных сканеров. Базовая доработка моделей после трехмерного сканирования. Настройка системы координат трехмерного скана.
25. **Доработка трехмерных сканов с использованием стационарных сканеров.** Основные погрешности и ошибки в модели после трехмерного сканирования с использованием стационарных сканеров. Базовая доработка моделей после трехмерного сканирования. Настройка системы координат трехмерного скана.
26. **Текущий контроль.** Доработка трехмерных сканов типовых объектов.
27. **Базовые инструментарию полигонального моделирования.** Полигональные сетки. Форматы полигональных объектов. Работа со сценами при моделировании. Работа с камерой в рабочем пространстве полигонального моделирования.
28. **Выделение и настройки полигональной поверхности.** Средства выделения полигональных поверхностей. Создание трубчатых поверхностей. Обрезка поверхностей. Изменение уровня полигонизации. Выравнивание поверхностей и работа с примитивами.
29. **Выполнение деформации и скульптурного моделирования.** Сглаживание поверхностей. Трансформация поверхностей. Смещение и настройка границ. Применение кистей при работе с моделью в объеме и на плоскости.
30. **Редактирование полигональных поверхностей.** Создание зеркальных поверхностей. Использование булевых операций с поверхностями. Группировка поверхностей модели.
31. **Настройка полигональных моделей перед трехмерной печатью.** Создание тонкостенных моделей. Применение поверхностных паттернов. Анализ областей малой толщины. Анализ нависающих областей на модели. Генерация специализированных поддерживающих элементов для печати.
32. **Текущий контроль.** Индивидуальная работа по редактированию полигональной модели и подготовке ее к трехмерной печати.

1-е полугодие 11 класса.

- 33. Симуляция и моделирование процессов.** Моделирование динамических систем, процессов и эксплуатационных условий. Симуляция работы оборудования.
- 34. Основы инженерного анализа.** Виды инженерного анализа. Структурный анализ. Основные виды структурного анализа. Требования для выполнения симуляции. Инструментарий для структурного анализа. Поиск и импорт моделей для симуляции.
- 35. Базовые настройки для проведения структурного анализа.** Определение компонентов для анализа. Выбор типа решателя. Настройка материала.
- 36. Выполнение симуляции нагрузок для типовых деталей.** Определение вида соединителей для компонентов. Настройка закреплений. Указание нагрузок. Настройка симуляции. Настройка окружения. Выполнение упражнений с симуляцией нагрузок.
- 37. Текущий контроль.** Самостоятельный проект по инженерному анализу деталей.
- 38. Основы механообработки и теории резанья.** Геометрические параметры инструментов. Фрезерование. Шлифование. Точение. Тепловые явления в процессе резания. Силы резания. Режимы резания. Инструменты, используемые при механообработке. Виды фрезерования.
- 39. Особенности программирования и управления оборудованием с ЧПУ.** Работа с ЧПУ-станками. Базовые параметры, настраиваемые при работе с ЧПУ. Основные конструкции в управляющих программах. G-коды и их назначение.
- 40. Основы моделирования процессов фрезерования в САМ-системах.** Операции обработки поверхностей в САМ-системах. Основные определения при моделировании фрезерования. Зоны обработки. Стратегии обработки и их параметры.
- 41. Моделирование обработки типовых элементов в САМ-системах.** Использование средств моделирования для симуляции обработки элементов различного типа. Настройка инструментов и имитация обработки.
- 42. Текущий контроль.** Самостоятельный проект по моделированию процесса механообработки.
- 43. Планирование трехмерной печати изделия.** Анализ конструкции изделия. Подбор материалов с учетом требований к изделию. Выбор технологии трехмерной печати.
- 44. Использование программного обеспечения для подготовки управляющей программы при печати расплавленной нитью.** Определение настроек для печати расплавленной нитью. Импорт трехмерной модели в программное обеспечение для печати расплавленной нитью и ее настройка. Подготовка управляющей программы для печати расплавленной нитью.
- 45. Использование программного обеспечения для подготовки управляющей программы при фотополимерной печати.** Определение настроек для фотополимерной печати. Импорт трехмерной модели в программное обеспечение для фотополимерной печати и ее настройка. Подготовка управляющей программы для фотополимерной печати.
- 46. Изготовление на трехмерном принтере и анализ качества.** Изготовление изделия на фотополимерном трехмерном принтере. Изготовление изделия на принтере с расплавленной нитью. Извлечение изделия из трехмерного принтера и визуальный анализ качества. Измерение размеров изделия.
- 47. Коррекция изделий и управляющих программ по результатам трехмерной печати.** Внесение изменений в модель и настройки принтера по результатам контроля. Доработка изделия после трехмерной печати.
- 48. Текущий контроль.** Индивидуальная работа по подготовке, трехмерной печати и постобработке деталей.

2-е полугодие 11 класса.

49. **Измерение трехмерных сканов.** Измерение основных параметров объекта после трехмерного сканирования. Определение базовых примитивов и их свойств. Создание сечений трехмерного скана. Экспорт данных в CAD-систему.
50. **Применение программного обеспечения для сравнительного контроля деталей.** Интерфейс и основные особенности системы сравнительного контроля. Использование цветowych гистограмм отклонений. Объемное выравнивание моделей. Импорт и настройка исходных моделей. Осуществление базового контроля.
51. **Контроль единичных деталей и партий.** Измерение размеров и погрешностей формы при сравнительном анализе. Анализ тенденций при контроле партий деталей. Настройка, формирование и экспорт отчетов.
52. **Основные методы, подходы и средства обратного проектирования.** Назначение и задачи обратного проектирования. Подходы к проведению обратного проектирования. Обратное проектирование объектов различных типов. Специализированные средства для обратного проектирования.
53. **Обратное проектирование по результатам трехмерного сканирования.** Анализ конструкции детали. Извлечение данных из трехмерных сканов. Передача геометрических элементов в систему проектирования. Осуществление обратного проектирования с разной степенью параметризации.
54. **Текущий контроль.** Индивидуальный проект по контролю и обратному проектированию деталей.
55. **Моделирование поведения систем. Методологии, стандарты и инструменты.** Понятие реинжиниринга бизнес-процессов. Структура проектов по проведению реинжиниринга. Современные средства и инструменты моделирования систем.
56. **Концептуальная модель. Оптимизация концептуальной модели.** Описание материальных и информационных потоков системы. Функциональные, информационные и организационные модели системы. Бизнес-процессы проектирования и подготовки производства изделий. Методы анализа и оптимизации концептуальной модели системы.
57. **Совместная работа и управление задачами.** Планирование и управление задачами. Создание, мониторинг и выполнение задач. Создание и управление событиями. Организация совместной проектной работы.
58. **Графический язык визуального моделирования UML.** Общая характеристика UML. Диаграммы UML и их место в методологии RUP. Использование UML в типовых процессах проектирования и производства.
59. **Текущий контроль.** Групповая работа по разработке моделей поведения системы.
60. **Структурированная модель данных.** Использование диаграмм классов для построения объектно-ориентированных моделей. Виды объектов, их характеристики и взаимосвязи. Построение объектно-ориентированной модели системы.
61. **Системы управления данными.** Назначение и задачи, решаемые PDM-системами. PDM-система, как ключевой элемент PLM-подхода.
62. **Перспективы развития современного производства.** Автоматизация. Индустрия 4.0. Киберфизические системы. Цифровые двойники.

63. Перспективы развития аддитивных технологий. Новые технологии. Моделирование процессов и внутренней структуры. Гибридное оборудование.

64. Текущий контроль. Построить объектно-ориентированную модель системы по предложенному текстовому описанию. Описать современные технологии поддержки жизненного цикла изделий.

3. ПОУРОЧНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

№ п/п	Номер урока	Тема урока	Формы организации учебно-познавательной деятельности	Планируемые результаты (личностные, метапредметные, предметные)	Кейсы	Средства обучения	Примечания, дом. задания
1	1-2	Технологии производства деталей и изделий.	Изучить технологии изготовления изделий и их особенности. Проанализировать роль заготовок в производственных процессах.	6.1.1. Виды технологий производства 6.1.3. Организация и планирование производства	Анализ технологичности и формирование описания технологических процессов на примере изделий типа “Крышка” и “Тело свободной формы”.		
2	3-4	Технологическая подготовка производства.	Изучить процессы производства и подготовки производства. Проанализировать средства обеспечения точности производства. Изучить виды документации, применяемой на производстве.	6.1.1. Виды производственных технологий. 6.1.2. Обеспечение качества производимых изделий. 6.1.3. Организация и планирование производства. 6.1.4. Производственный документооборот.			
3	5-6	Основы аддитивных технологий.	Изучить основной принцип аддитивного производства. Проанализировать применимость аддитивных технологий для различных задач.	4.10.2. Аддитивные технологии (3D-принтеры) 4.2.6. Роботизированные производства, аддитивные технологии (3D-принтеры)	Осуществление подбора средств аддитивного производства исходя из требований на примере изделий различных типов.		
4	7-8	Наплавление полимерной нити.	Изучить принцип изготовления изделий наплавлением нити. Проанализировать структуру трехмерных принтеров и отдельных их компонентов.	4.10.2. Аддитивные технологии (3D-принтеры)			
5	9-10	Трехмерная печать из фотополимера.	Изучить принцип изготовления изделий фотополимерной трехмерной печатью. Проанализировать структуру трехмерных принтеров и отдельных их компонентов.	4.10.2. Аддитивные технологии (3D-принтеры)			
6	11-12	Текущий контроль.	Изучить технологии изготовления изделий и их особенности. Проанализировать геометрию детали и требования к ней с точки зрения аддитивного производства.	6.1.1. Виды производственных технологий. 6.1.2. Обеспечение качества производимых изделий. 6.1.3. Организация и планирование производства.	Анализ и подбор производственных методов и оборудования на основе анализа		

				6.1.4. Производственный документооборот. 4.2.6. Роботизированные производства, аддитивные технологии (3D-принтеры). 4.10.2. Аддитивные технологии (3D-принтеры)	требований к изделиям.		
7	13-14	Основы моделирования.	Изучить основные понятия моделирования и виды моделей. Рассмотреть средства трехмерного моделирования. Проанализировать основные функции CAD-систем и особенности интерфейса.	4.10.1. Принципы построения и редактирования трёхмерных моделей. 4.9.1. Система автоматизированного проектирования (Autodesk, АСКОН и др.)	Выполнение эскизного проектирования деталей “Вал” и “Плита”.		
8	15-16	Моделирование эскизов.	Изучить основы эскизного проектирования при трехмерном моделировании. Использовать средства CAD-системы для создания эскизов различной сложности.	4.9.1. Система автоматизированного проектирования (Autodesk, АСКОН и др.) 4.9.4. Интерфейс программы. Основные приемы работы в программе. 4.10.1. Принципы построения и редактирования трёхмерных моделей.			
9	17-18	Операции выдавливания.	Изучить основы трехмерного моделирования выдавливанием. Проанализировать типовые виды конструкций, проектируемые выдавливанием. Использовать средства CAD-системы для многоуровневого выдавливания тел.	4.9.1. Система автоматизированного проектирования (Autodesk, АСКОН и др.) 4.9.4. Интерфейс программы. Основные приемы работы в программе. 4.10.1. Принципы построения и редактирования трёхмерных моделей.		Осуществление трехмерного моделирования с использованием операций вращения и выдавливания деталей “Вал” и “Плита”.	
10	19-20	Операции вращения	Изучить основы трехмерного моделирования вращением.	4.9.1. Система автоматизированного проектирования (Autodesk, АСКОН и др.)			

			Проанализировать типовые виды конструкций, проектируемые вращение. Использовать средства CAD-системы для создания отверстий на объектах.	4.9.4. Интерфейс программы. Основные приемы работы в программе. 4.10.1. Принципы построения и редактирования трёхмерных моделей.			
11	21-22	Текущий контроль.	Изучить задание на проектирование и схему построения. Использовать средства CAD-системы для проектирования. Проанализировать результаты моделирования.	4.9.1. Система автоматизированного проектирования (Autodesk, АСКОН и др.) 4.9.4. Интерфейс программы. Основные приемы работы в программе. 4.10.1. Принципы построения и редактирования трёхмерных моделей.	Трёхмерное моделирование деталей “Корпус” и “Втулка”.		
12	23-24	Параметризация в CAD-системах.	Изучить средства работы с размерами и отклонениями. Проанализировать задачи, требующие применения средств параметризации. Использовать средства CAD-системы для создания параметрических моделей.	4.9.1. Система автоматизированного проектирования (Autodesk, АСКОН и др.) 4.9.4. Интерфейс программы. Основные приемы работы в программе. 4.10.1. Принципы построения и редактирования трёхмерных моделей.	Проектирование в сборе изделия “Прибор” и образмеривание трехмерной модели на детали “Матрица”.		
13	25-26	Трёхмерные сборки.	Использовать средства CAD-системы для освоения процессов проектирования в сборе. Проанализировать особенности размещения компонентов в трёхмерных сборках.	4.9.1. Система автоматизированного проектирования (Autodesk, АСКОН и др.) 4.9.4. Интерфейс программы. Основные приемы работы в программе. 4.10.1. Принципы построения и редактирования трёхмерных моделей.			

14	27-28	Использование параметрических систем моделирования.	Проанализировать задачи параметрического моделирования. Изучить основные возможности параметрических систем моделирование. Использовать систему моделирования для программной генерации базовых конструкций.	4.10.1. Принципы построения и редактирования трёхмерных моделей. 3.2.5. Рекурсивные процедуры и функции. 4.9.1. Система автоматизированного проектирования (Autodesk, АСКОН и др.)	Параметрическое моделирование с использованием математических операций и булевой алгебры деталей “Вал” и “Плита”.	OpenSCAD	
15	29-30	Параметризация, циклы и модули в моделировании.	Проанализировать применение циклов для параметрического моделирования. Использовать средства системы моделирования для создания модели с параметрическим массивом.	4.10.1. Принципы построения и редактирования трёхмерных моделей. 3.2.5. Рекурсивные процедуры и функции. 4.9.1. Система автоматизированного проектирования (Autodesk, АСКОН и др.)		OpenSCAD	
16	31-32	Текущий контроль.	Использовать средства системы моделирования для создания комплексной параметрической модели.	4.9.4. Интерфейс программы. Основные приемы работы в программе. 4.9.1. Система автоматизированного проектирования (Autodesk, АСКОН и др.) 4.10.1. Принципы построения и редактирования трёхмерных моделей. 3.2.5. Рекурсивные процедуры и функции.	Проектирование с использованием параметрических операций, межкомпонентных зависимостей и размерных цепочек деталей типа “Корпус” и “Прибор”.		
17	33-34	ИПИ-технологии. Жизненный цикл изделий.	Изучить основные этапы жизненного цикла изделия. Рассмотреть средства поддержки жизненного цикла изделия. Проанализировать применение PDM\CAD\CAM\CAE-систем для решения производственных задач. Обсудить процессы управления жизненным циклом изделия.	6.4.4. Управление жизненным циклом изделия.	Осуществление пространственного анализа геометрии с точки зрения проведения объемной оцифровки изделий “Автомобиль”, “Здание”, “Корпус” и “Сверло”.		
18	35-36	Основы трехмерного сканирования.	Изучить виды технологий трехмерного сканирования. Проанализировать применимость	6.3.1. Основы трехмерного сканирования.			

			технологий трехмерного сканирования для решения различных задач.	6.3.2. Виды технологий трехмерного сканирования. 6.2.1. Структура и особенности полигональных моделей.			
19	37-38	Трехмерное сканирование с использованием ручных сканеров.	Изучить принцип сканирования ручным сканером. Проанализировать геометрию объектов с точки зрения их трехмерного сканирования. Использовать ручной сканер для проведения объемной оцифровки.	6.3.1. Основы трехмерного сканирования.	Трехмерное сканирование объектов “Человек” и “Стул”.		
20	39-40	Трехмерное сканирование с использованием стационарных сканеров.	Изучить принцип сканирования стационарным сканером. Проанализировать геометрию объектов с точки зрения их трехмерного сканирования. Использовать стационарный сканер для проведения объемной оцифровки.	6.3.1. Основы трехмерного сканирования.	Трехмерное сканирование объектов “Корпус” и “Монета”.		
21	41-42	Текущий контроль.	Использовать полученных знаний по трехмерному сканированию для подготовки объектов к сканированию и проведения сканирования. Проанализировать результаты трехмерного сканирования с точки зрения корректности.	6.3.1. Основы трехмерного сканирования. 6.3.2. Виды технологий трехмерного сканирования. 6.2.1. Структура и особенности полигональных моделей.	Трехмерное сканирование объектов “Станок” и ” Челюсть”.		
22	43-44	Построение трехмерных сканов с использованием ручных сканеров.	Проанализировать этапы формирования трехмерных сканов. Использовать инструментарию программного обеспечения сканера для доработки объемной модели объекта.	6.3.3. Структура трехмерных сканов	Трехмерное моделирование на основе данных объемной оцифровки объектов “Человек”, “Скульптура” и “Стул”.		
23	45-46	Построение трехмерных сканов с использованием стационарных сканеров.	Проанализировать этапы формирования трехмерных сканов. Использовать инструментарию программного обеспечения сканера для доработки объемной модели объекта.	6.3.3. Структура трехмерных сканов			
24	47-48	Доработка трехмерных сканов	Проанализировать результаты трехмерного сканирования с точки	6.3.3. Структура трехмерных сканов	Доработка трехмерных сканов		

		с использованием ручных сканеров.	зрения полноты представления геометрии. Использовать программные средства для формирования поверхностных заплаток и исправления погрешностей.		объектов “Человек”, “Скульптура” и “Стул”.		
25	49-50	Доработка трехмерных сканов с использованием стационарных сканеров.	Проанализировать результаты трехмерного сканирования с точки зрения полноты представления геометрии. Использовать программные средства для формирования поверхностных заплаток и исправления погрешностей.	6.3.3. Структура трехмерных сканов			
26	51-52	Текущий контроль.	Проанализировать результаты трехмерного сканирования с точки зрения корректности.	6.3.3. Структура трехмерных сканов	Трехмерное моделирование на основе данных объемного сканирования объектов “Станок” и” Монета”.		
27	53-54	Базовые инструментари полигонального моделирования.	Изучить интерфейс системы полигонального моделирования. Использовать систему моделирования взаимодействия с рабочим пространством.	6.2.1. Структура и особенности полигональных моделей. 4.10.1. Принципы построения и редактирования трёхмерных моделей. 6.2.2. Моделирование полигональной сетки.	Полигональное моделирование объектов "Корпус" и "Манекен".		
28	55-56	Выделение и настройки полигональной поверхности.	Изучить способы взаимодействия с поверхностью полигональной модели. Использовать систему моделирования для деформации поверхностей и создания трубчатых конструкций.	6.2.2. Моделирование полигональной сетки. 4.10.1. Принципы построения и редактирования трёхмерных моделей			
29	57-58	Выполнение деформации и скульптурного моделирования.	Изучить способы использования кистей для работы с моделью в пространстве и на плоскости.	6.2.2. Моделирование полигональной сетки.	Скульптурная доработка полигональных моделей объектов		

			Использовать систему моделирования для сглаживания и трансформации поверхностей.	4.10.1. Принципы построения и редактирования трёхмерных моделей	"Корпус" и "Манекен".		
30	59-60	Редактирование полигональных поверхностей	Изучить способы трансформации и масштабирования полигональной модели. Использовать систему моделирования для создания зеркальных поверхностей. Проанализировать применимость булевых операций при полигональном моделировании.	6.2.2. Моделирование полигональной сетки. 4.10.1. Принципы построения и редактирования трёхмерных моделей	Использование средств коррекции и сопряжения при редактировании полигональных моделей объектов "Корпус" и "Манекен".		
31	61-62	Настройка полигональных моделей перед трёхмерной печатью.	Проанализировать особенности подготовки нависающих элементов к трёхмерной печати. Использовать систему моделирования для генерации поддерживающих структур. Использовать систему моделирования для работы с тонкостенными элементами.	6.2.2. Моделирование полигональной сетки. 4.10.1. Принципы построения и редактирования трёхмерных моделей. 4.10.2. Аддитивные технологии (3D-принтеры).	Анализ областей и генерации поддержек для подготовки полигональных моделей "Корпус" и "Манекен" к трёхмерной печати.		
32	63-64	Текущий контроль.	Использовать полученных знаний по полигональному моделированию для коррекции трёхмерной модели. Проанализировать результаты полигонального моделирования с точки зрения трёхмерной печати.	6.2.1. Структура и особенности полигональных моделей. 4.10.1. Принципы построения и редактирования трёхмерных моделей. 6.2.2. Моделирование полигональной сетки. 4.10.2. Аддитивные технологии (3D-принтеры).	Полигональное моделирование и подготовка к трёхмерной печати объектов "Плита" и "Скульптура".		
33	65-66	Симуляция и моделирование процессов.	Изучить средства моделирования процессов. Проанализировать применимость средств симуляции для типовых процессов.	3.5.2. Представление результатов моделирования в виде, удобном для восприятия человеком. 3.5.3. Количественная и качественная оценка результатов моделирования.	Исследование эксплуатационных условий для проведения структурного анализа детали "Кронштейн".		

				3.5.5. Численно-математическое и компьютерное моделирование.			
34	67-68	Основы инженерного анализа.	Изучить виды инженерного анализа деталей. Проанализировать требования для выполнения инженерного анализа.	3.5.2. Представление результатов моделирования в виде, удобном для восприятия человеком. 3.5.3. Количественная и качественная оценка результатов моделирования. 3.5.5. Численно-математическое и компьютерное моделирование.			
35	69-70	Базовые настройки для проведения структурного анализа.	Проанализировать компоненты, которые требуется настроить для проведения симуляции. Использовать инструментарий CAE-системы для настройки материала.	3.5.2. Представление результатов моделирования в виде, удобном для восприятия человеком. 3.5.3. Количественная и качественная оценка результатов моделирования. 3.5.5. Численно-математическое и компьютерное моделирование.	Осуществление структурного анализа на основе конечноэлементной сетки детали "Кронштейн".		
36	71-72	Выполнение симуляции нагрузок для типовых деталей.	Проанализировать геометрию детали и спланировать симуляцию. Проанализировать набор элементов для симуляции. Использовать инструментарий CAE-системы для симуляции нагрузок.	3.5.2. Представление результатов моделирования в виде, удобном для восприятия человеком. 3.5.3. Количественная и качественная оценка результатов моделирования. 3.5.5. Численно-математическое и компьютерное моделирование.			
37	73-74	Текущий контроль.	Использовать полученных знаний по структурному анализу для симуляции нагрузки на деталь. Проанализировать результаты инженерного анализа с точки зрения эксплуатационных требований к конструкции.	3.5.2. Представление результатов моделирования в виде, удобном для восприятия человеком. 3.5.3. Количественная и качественная оценка результатов моделирования.	Выполнение структурного анализа деталей "Крепеж" и "Корпус".		

				3.5.5. Численно-математическое и компьютерное моделирование.			
38	75-76	Основы механообработки и теории резанья.	Изучить основы механообработки. Проанализировать основные силы, воздействующие на изделие во время механообработки.	6.1.2. Обеспечение качества производимых изделий. 6.1.5. Механообработка.	Определение параметров резанья с использованием расчетных формул.		
39	77-78	Особенности программирования и управления оборудованием с ЧПУ.	Проанализировать назначение и основные задачи, для которых применяется оборудование с ЧПУ. Изучить структуру и основные команды управляющих программ.	6.1.2. Обеспечение качества производимых изделий. 6.1.5. Механообработка.	Подготовка управляющих программ на основе G-кодов.		
40	79-80	Основы моделирования процессов фрезерования в САМ-системах.	Проанализировать назначение и основные задачи, решаемые САМ-системами. Использовать САМ-систему для определения основных зон обработки.	6.1.5. Механообработка. 3.5.2. Представление результатов моделирования в виде, удобном для восприятия человеком. 3.5.3. Количественная и качественная оценка результатов моделирования. 3.5.5. Численно-математическое и компьютерное моделирование.	Подготовка управляющих программ для оборудования с использованием средств моделирования фрезерной обработки.		
41	81-82	Моделирование обработки типовых элементов в САМ-системах.	Проанализировать назначение и особенности использования средств имитации. Использовать САМ-систему для симуляции обработки элементов различного типа.	6.1.5. Механообработка. 3.5.2. Представление результатов моделирования в виде, удобном для восприятия человеком. 3.5.3. Количественная и качественная оценка результатов моделирования. 3.5.5. Численно-математическое и компьютерное моделирование.			
42	83-84	Текущий контроль.	Проанализировать особенности различных технологий с точки зрения организации подготовки производства. Использовать полученных знаний по механообработке для симуляции работы станка.	6.1.2. Обеспечение качества производимых изделий. 6.1.5. Механообработка. 3.5.2. Представление результатов моделирования в виде, удобном для восприятия человеком.	Подготовка и проведения моделирования фрезерной обработки детали "Корпус".		

				3.5.3. Количественная и качественная оценка результатов моделирования. 3.5.5. Численно-математическое и компьютерное моделирование.			
43	85-86	Планирование трехмерной печати изделия.	Проанализировать требования к изделию и его геометрические особенности. Изучить применимость различных технологий трехмерной печати. Использовать результаты анализа для подбора материала изделия.	6.1.3. Организация и планирование производства. 4.10.1. Принципы построения и редактирования трёхмерных моделей 4.10.2. Аддитивные технологии (3D-принтеры)	Анализу требований и подготовка к трехмерной печати деталей “Корпус” и “Кронштейн”.		
44	87-88	Использование программного обеспечения для подготовки управляющей программы при печати расплавленной нитью.	Изучить особенности импорта моделей в рабочее пространство для подготовки управляющей программы при печати расплавленной нитью. Использовать программные средства для подготовки управляющей программы для принтера.	6.1.3. Организация и планирование производства. 4.10.2. Аддитивные технологии (3D-принтеры). 6.2.1. Структура и особенности полигональных моделей.			
45	89-90	Использование программного обеспечения для подготовки управляющей программы при фотополимерной печати.	Изучить особенности импорта моделей в рабочее пространство для подготовки управляющей программы при фотополимерной печати. Использовать программные средства для подготовки управляющей программы для принтера.	6.1.3. Организация и планирование производства. 4.10.2. Аддитивные технологии (3D-принтеры). 6.2.1. Структура и особенности полигональных моделей.	Настройка трехмерных принтеров, аддитивному производству и постобработка изделий “Скульптура”, “Корпус” и “Мышь компьютерная”.	Cura; Slic3r	
46	91-92	Изготовление на трехмерном принтере и анализ качества.	Использовать трехмерные принтеры для изготовления изделий. Проанализировать результаты трехмерной печати и оценить качество полученного изделия.	6.1.2. Обеспечение качества производимых изделий. 4.10.2. Аддитивные технологии (3D-принтеры).			
47	93-94	Коррекция изделий и управляющих программ по	Использовать средства измерения для контроля качества трехмерной печати.	6.1.2. Обеспечение качества производимых изделий. 4.10.2. Аддитивные технологии (3D-принтеры).			

		результатам трехмерной печати	Проанализировать и организовать процесс постобработки изделия после печати.				
48	95-96	Текущий контроль.	Проанализировать особенности различных технологий с точки зрения подготовки и осуществления трехмерной печати. Использовать полученных знаний по технологиям трехмерной печати для проведения постобработки изделий.	6.1.2. Обеспечение качества производимых изделий. 6.1.3. Организация и планирование производства. 6.1.5. Механообработка. 6.2.1. Структура и особенности полигональных моделей. 4.10.1. Принципы построения и редактирования трёхмерных моделей 4.10.2. Аддитивные технологии (3D-принтеры).	Трёхмерная печать с использованием универсального и специализированного программного обеспечения изделий “Макет автомобиля”, “Муфта” и “Цепь”.		
49	97-98	Измерение трехмерных сканов.	Проанализировать результаты трехмерного сканирования с точки зрения полноты представления геометрии. Использовать программные средства для формирования поверхностных заплаток и исправления погрешностей.	6.1.2. Обеспечение качества производимых изделий. 6.2.3. Деление моделей на примитивы.	Объемная оцифровка и контроль геометрии с деталей “Корпус” и “Кронштейн” использованием трехмерных сканеров и средств сравнительного анализа.	GOM Inspect	
50	99-100	Применение программного обеспечения для сравнительного контроля деталей.	Проанализировать задачи, решаемые с использованием систем сравнительного контроля. Изучить интерфейс системы сравнительного контроля и основные инструментари.	6.1.2. Обеспечение качества производимых изделий. 6.2.3. Деление моделей на примитивы.		GOM Inspect	
51	101-102	Контроль единичных деталей и партий.	Использовать систему сравнительного контроля для измерения размеров и погрешностей формы. Изучить результаты анализа детали и сформировать отчет.	6.1.2. Обеспечение качества производимых изделий. 6.2.3. Деление моделей на примитивы.		GOM Inspect	
52	103-104	Основные методы, подходы и средства	Изучить назначение и основные подходы к обратному проектированию деталей.	6.3.4. Обратное проектирование.	Трёхмерное моделирование деталей “Корпус” и		

		обратного проектирования.	Проанализировать виды и средства обратного проектирования.		“Кронштейн” с использованием средств обратного проектирования на основе объемного анализа.		
53	105-106	Обратное проектирование по результатам трехмерного сканирования.	Проанализировать алгоритм обратного проектирования на основе геометрических элементов трехмерного скана. Использовать данные трехмерного сканирования при осуществлении обратного проектирования деталей.	6.2.1. Структура и особенности полигональных моделей. 6.2.3. Деление моделей на примитивы. 6.3.3. Структура трехмерных сканов. 6.3.4. Обратное проектирование.		GOM Inspect, FreeCAD, OpenSCAD	
54	107-108	Текущий контроль.	Использовать полученных знаний по трехмерному сканированию для оцифровки детали и ее контроля. Проанализировать результаты трехмерного сканирования и осуществить обратное проектирование.	6.2.1. Структура и особенности полигональных моделей. 6.2.3. Деление моделей на примитивы. 6.3.3. Структура трехмерных сканов. 6.3.4. Обратное проектирование.	Выполнение объемного контроля и обратного проектирования деталей “Муфта” и “Плита”.		
55	109-110	Моделирование поведения систем. Методологии, стандарты и инструменты.	Проанализировать основные понятия и методы моделирования систем. Изучить методологии, стандарты и современные средства моделирования поведения систем.	6.4.1. Моделирование систем. 6.4.2. Методологии и средства моделирования. 6.4.3. Моделирование бизнес-процессов.	Построения функциональных, организационных и информационных моделей для бизнес-процессов аддитивного производства изделий.	Draw.io	
56	111-112	Концептуальная модель. Оптимизация концептуальной модели.	Использовать современные методы моделирования систем и процессов. Изучить методы анализа и оптимизации концептуальной модели системы. Проанализировать процессы подготовки производства новых изделий.	6.1.3. Организация и планирование производства. 6.1.4. Производственный документооборот. 6.4.3. Моделирование бизнес-процессов.		Draw.io	
57	113-114	Совместная работа и управление задачами	Изучить современные инструменты управления и группового выполнения задач. Использовать средства планирования задач и мероприятий.	6.1.3. Организация и планирование производства. 6.1.4. Производственный документооборот. 6.4.4. Управление жизненным циклом изделия.	Создание, мониторинг и управление задачами в условиях проектной работы аддитивного производства.		

58	115-116	Графический язык визуального моделирования UML	Изучить диаграммы UML. Использовать полученные знания для построения диаграмм UML.	6.4.1. Моделирование систем. 6.4.2. Методологии и средства моделирования.	Моделирование процессов аддитивного производства с использованием объектно-ориентированного анализа и методологии UML.	Draw.io	
59	117-118	Текущий контроль.	Использовать полученные знания для построения концептуальной модели системы.	6.1.3. Организация и планирование производства. 6.1.4. Производственный документооборот. 6.4.1. Моделирование систем. 6.4.2. Методологии и средства моделирования. 6.4.3. Моделирование бизнес-процессов. 6.4.4. Управление жизненным циклом изделия.	Построение моделей поведения системы с использованием методологии UML и средств концептуального, информационного и функционального моделирования.		
60	119-120	Структурированная модель данных.	Изучить понятие и основные элементы объектно-ориентированного подхода. Использовать полученные знания для построения объектно-ориентированной модели системы.	4.7.8. Создание схемы данных. 6.4.1. Моделирование систем. 6.4.2. Методологии и средства моделирования.	Построения объектно-ориентированных моделей аддитивного производства в	Draw.io	
61	121-122	Системы управления данными	Изучить основные понятия PLM-подхода. Проанализировать современные системы управления данными и задачи, для решения которых они применяются.	4.7.1. Базы данных, как информационная система управления. 6.4.4. Управление жизненным циклом изделия. 6.1.4. Производственный документооборот. 6.1.3. Организация и планирование производства.	условиях применения PDM-систем.		
62	123-124	Перспективы развития современного производства.	Проанализировать задачи автоматизации производства и основные концепции индустрии 4.0. Изучить особенности построения киберфизических систем и применения цифровых двойников.	6.1.2. Обеспечение качества производимых изделий. 6.1.3. Организация и планирование производства.	Анализ традиционных производственных задач с точки зрения применения		

					перспективных технологий.		
63	125-126	Перспективы развития аддитивных технологий.	Изучить новые технологии производства. Проанализировать перспективы развития аддитивного оборудования.	6.1.1. Виды производственных технологий. 6.1.3. Организация и планирование производства. 4.2.6. Роботизированные производства, аддитивные технологии (3D-принтеры). 4.10.2. Аддитивные технологии (3D-принтеры).			
64	127-128	Текущий контроль.	Построить объектно-ориентированную модель системы по предложенному текстовому описанию. Описать современные технологии поддержки жизненного цикла изделий.	6.1.1. Виды производственных технологий. 6.1.2. Обеспечение качества производимых изделий. 6.1.3. Организация и планирование производства. 4.2.6. Роботизированные производства, аддитивные технологии (3D-принтеры). 4.10.2. Аддитивные технологии (3D-принтеры).	Построение объектно-ориентированных моделей баз данных в условиях применения современных производственных технологий.		

4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА.

Оборудование:

Трехмерный сканер.
Трехмерный принтер.

Программное обеспечение (в том числе системное ПО):

Gom Inspect.
OpenSCAD.
MeshMixer.
OpenOffice.
FreeCAD.
OPENMODELICA.
Draw.io.

Список учебной и методической литературы и другие источники

1. А. А. Грибовский, А. А. Грибовская Технологии быстрого производства в приборостроении. Учебное пособие - Санкт-Петербург: СПб: Университет ИТМО, 2015, 2015. - 66 с.
2. Е. И. Яблочников, А. А. Грибовский, М. Я. Афанасьев, Б. С. Падун Применение ИПИ-технологий в проектировании и производстве. Учебное пособие - Санкт-Петербург: СПб: Университет ИТМО, 2017, 2017. - 56 с.
3. Грибовский А.А., Андреев Ю.С, Афанасьев М.Я. Интегрированные технологии производства и современные среды моделирования в приборостроении. Учебное пособие - Санкт-Петербург: СПб: Университет ИТМО, 2015, 2015. - 139 с.
4. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении/ М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш// пособие для инженеров. – М. ГРЦ РФ ФГУП НАМИ. 2015. 220 с.
5. Е. И. Яблочников, А. А. Грибовский, М. Я. Афанасьев, Д. Д. Куликов Методы и системы ИПИ-технологий. Учебное пособие - Санкт-Петербург: СПб: Университет ИТМО, 2017, 2017. - 64 с. - экз.
6. Грибовский А. А. Геометрическое моделирование в аддитивном производстве. Учебное пособие - Санкт-Петербург: СПб: Университет ИТМО, 2015, 2015. - 49 с. - 50 экз.
7. Валетов В. А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы). Учебное пособие - Санкт-Петербург: СПб.: Университет ИТМО, 2015, 2015. - 63 с. - 100 экз.
8. Грибовский А.А., Щеколдин А.И. Аддитивные технологии и быстрое производство. Учебное пособие - Санкт-Петербург: СПб: Университет ИТМО, 2018.
9. Грибовский А. А. Проектные задания по управлению жизненным циклом изделий: Учебно-методическое пособие - Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2018. - 36 с. - экз.
10. Е.И. Яблочников, Ю.Н. Фомина, А.А. Саломатина Компьютерные технологии в жизненном цикле изделия - Санкт-Петербург: , 2010. - 188 с. - 100 экз.
11. Е.И. Яблочников, В.И. Молочник, Ю.Н. Фомина, А.А. Саломатина, В.С. Гусельников Методы управления жизненным циклом приборов и систем в расширенных предприятиях.
12. Яблочников Е.И., Пирогов А.В., Андреев Ю.С. Автоматизация технологической подготовки производства в приборостроении: Учебное пособие / Рецензент: Валетов В. А. - Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2018. - 116 с. - экз.
13. Учебник для высш. учебн. заведений. — Мазур Н.П., Внуков Ю.Н., Грабченко А.И., Доброскок В.Л., Залого В.А., Новоселов Ю.К., Якубов Ф.Я. ; под общ. ред. Н.П. Мазура и А.И. Грабченко. - 2-е изд., перераб. и дополн. Основы теории резания материалов — Харьков: НТУ "ХПИ", 2013. — 534 с.

14. Подлеснов В. Н. Кинематика и устройство металлорежущих станков. учеб. пособие: Ч. 1 / В. Н. Подлеснов ; ВолгГТУ. - Волгоград : РПК "Политехник", 2006. - 74 с
15. Валишвили, Н. В. Сопротивление материалов и конструкций : учебник для академического бакалавриата / Н. В. Валишвили, С. С. Гаврюшин. — Москва : Издательство Юрайт, 2018. — 429 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-8247-3.
16. В. А. Валетов, К. П. Помпеев Технология приборостроения - Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2014. - 234 с. - экз.
17. Е.И. Яблочников, В.И. Молочник, Ю.Н. Фомина Реинжиниринг бизнес- процессов проектирования и производства. - СПб: СПб ГУ ИТМО, 2008. - 152 с. - 100 экз.
18. С.А. Дмитриев, А.А. Саломатина, Ю.Н. Фомина Реинжиниринг бизнес-процессов проектирования и производства. Приложение I. - СПб: СПб ГУ ИТМО, 2008. - 236 с. - 100 экз.

5. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ УЧЕБНОГО КУРСА

Выпускник научится 3D-моделированию объектов различной сложности, настраивать и контролировать процесс 3D-печати. Научатся основам работы на ЧПУ станках, работать с САД-системах. Изучат:

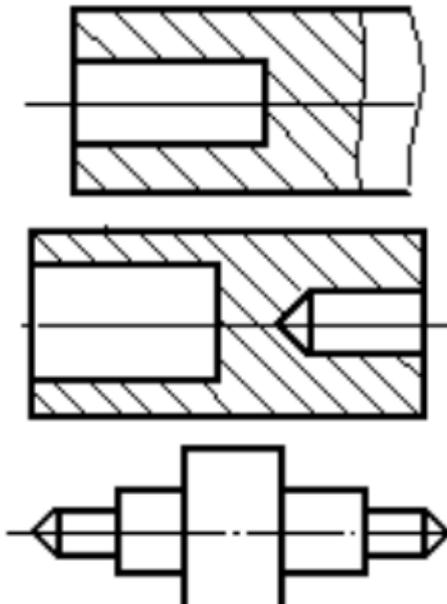
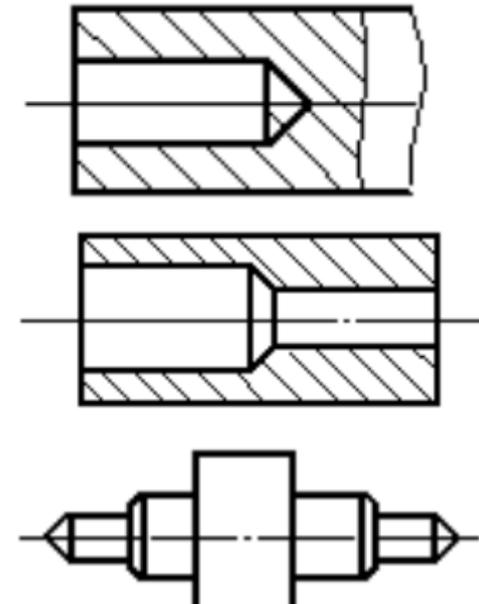
- Основы объемного сканирования.
- Процесс объемного сканирования деталей и изделий.
- Подготовка к трехмерной печати по результатам объемного сканирования.
- Контроль деталей по результатам объемного сканирования.
- Аддитивные технологии.
- Быстрое производство.
- Построение САД-моделей.
- Параметрическое моделирование геометрии.
- Моделирование трехмерных сборок.
- Моделирование процессов в САЕ-системах.
- Основы организации производства.
- Управление проектами.
- Моделирование производственных процессов.
- Подготовка управляющих программ для оборудования с ЧПУ.

После успешного обучения по данному направлению, учащийся способен сдать экзамен ЕГЭ по информатике и поступить в ВУЗы на следующие направления подготовки:

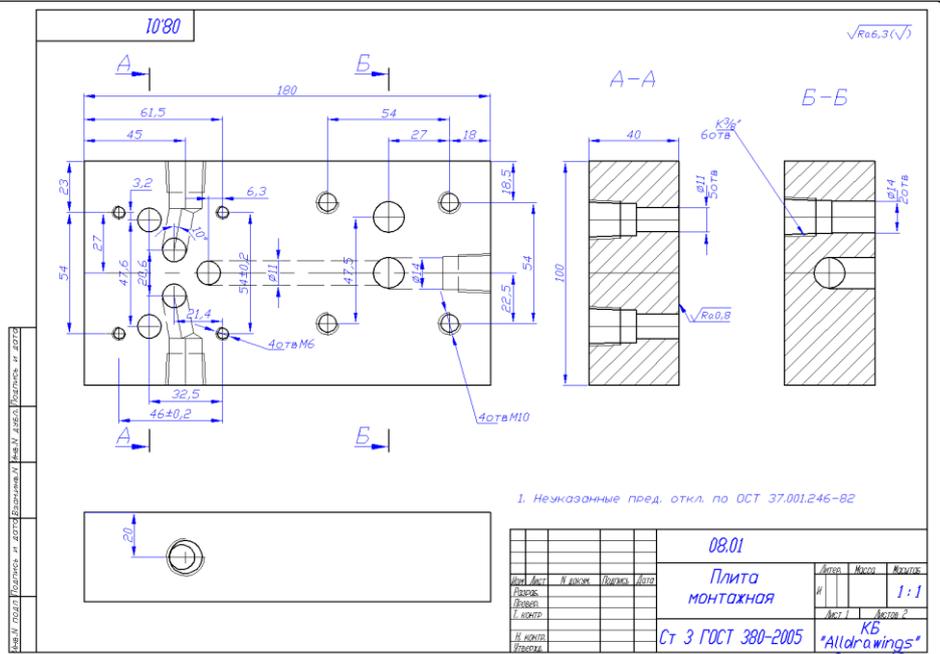
12.03.01 Приборостроение

15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

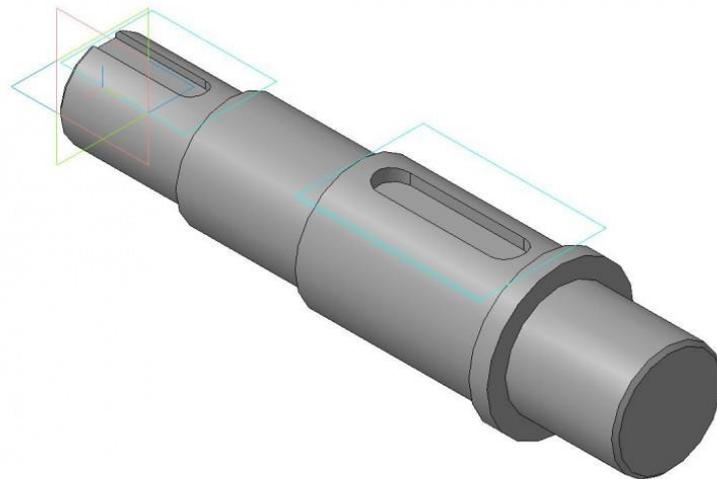
6. Кейсы

<p>Анализ технологичности и формирование описания технологических процессов на примере изделий типа “Крышка” и “Тело свободной формы”.</p>	<p>Не технологично</p> 	<p>Технологично</p> 
<p>Осуществление подбора средств аддитивного производства исходя из требований на примере изделий различных типов.</p>	 <pre> graph LR A[Пластик] --> D[FDM] B[Высокая прочность] --> D C[Низкая себестоимость] --> D </pre>	
<p>Анализ и подбор производственных методов и оборудования на основе анализа требований к изделиям.</p>	 <p>Стереолитография: Низкие требования к прочности Высокая точность Сложная геометрия</p>	

Выполнение эскизного проектирования деталей “Вал” и “Плита”.



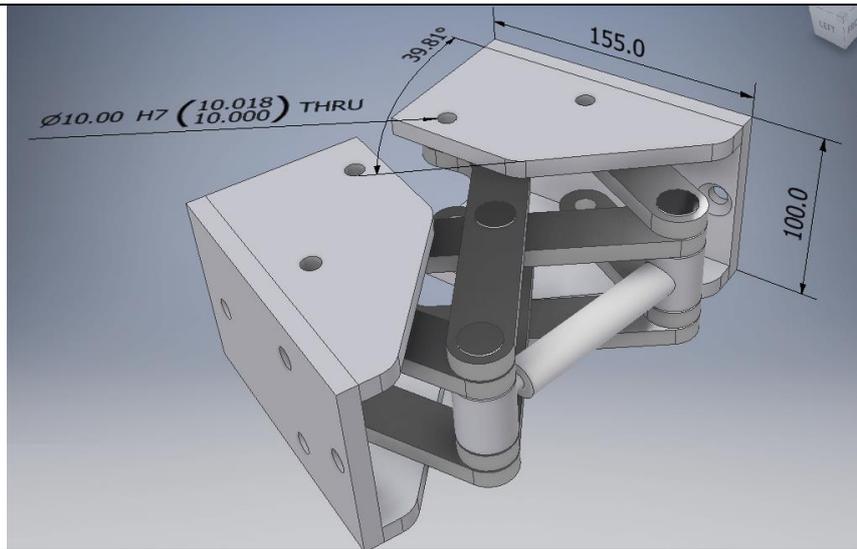
Осуществление трехмерного моделирования с использованием операций вращения и выдавливания деталей “Вал” и “Плита”.



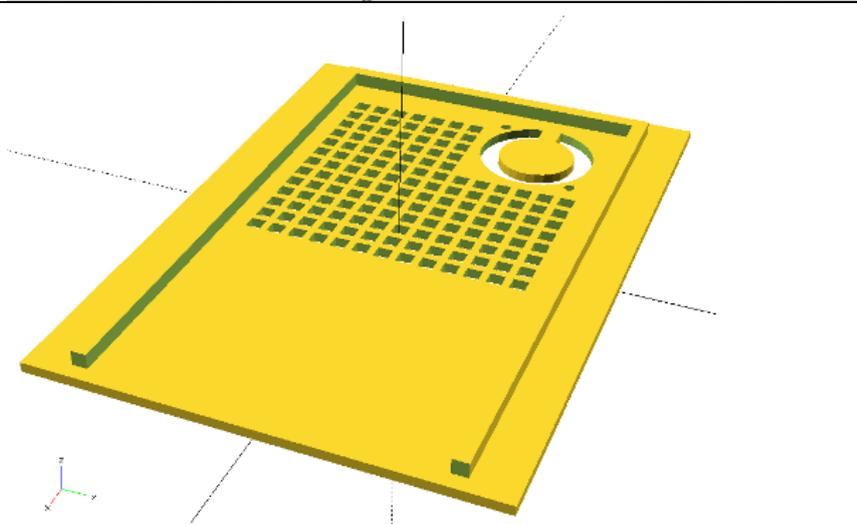
Трехмерное моделирование деталей “Корпус” и “Втулка”.



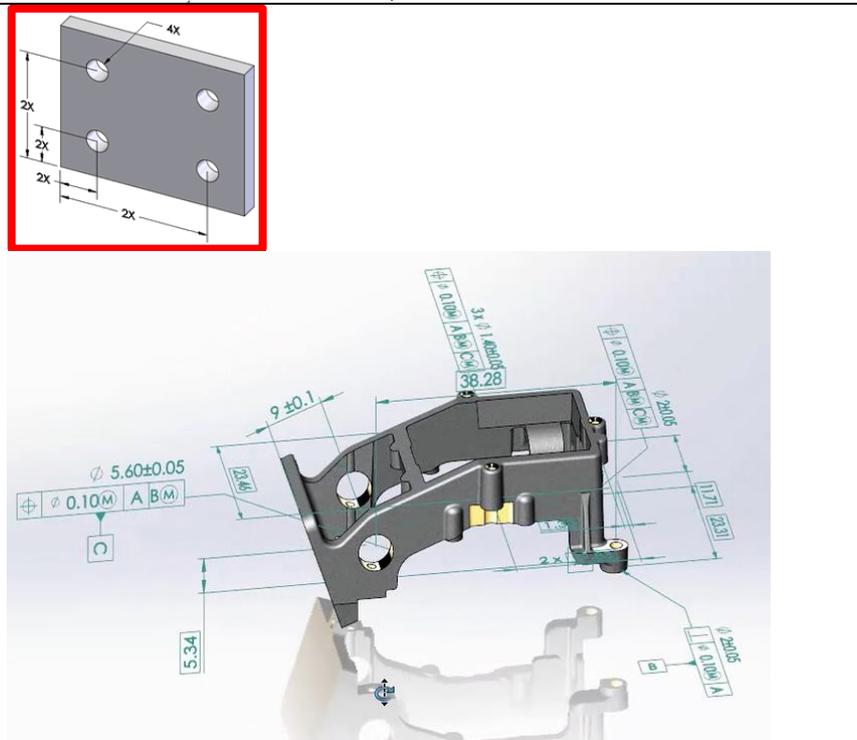
Проектирование в сборе изделия “Прибор” и образмеривание трехмерной модели на детали “Матрица”.



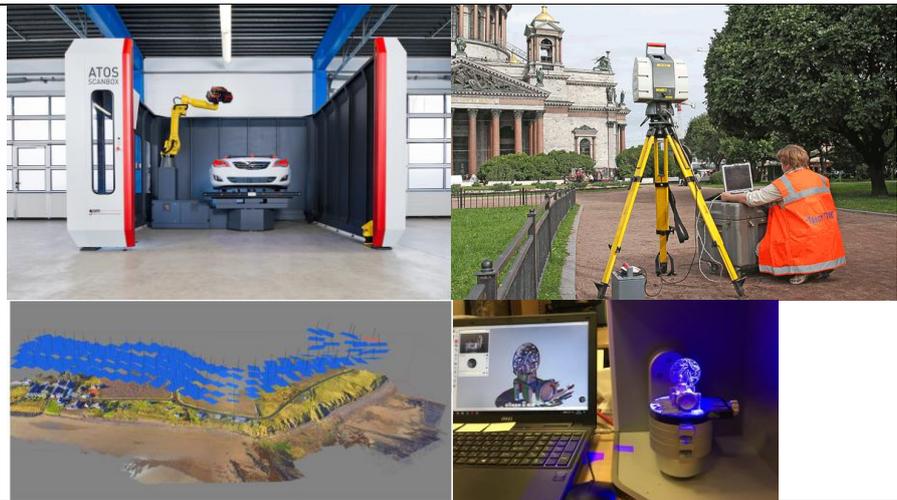
Параметрическое моделирование с использованием математических операций и булевой алгебры деталей “Вал” и “Плита”.



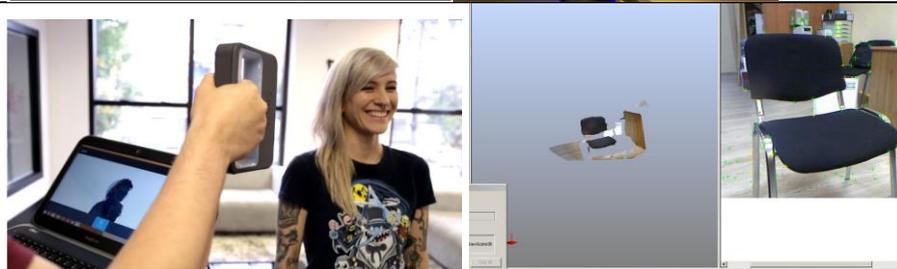
Проектирование с использованием параметрических операций, межкомпонентных зависимостей и размерных цепочек деталей типа “Корпус” и “Прибор”.



Осуществление пространственного анализа геометрии с точки зрения проведения объемной оцифровки изделий “Автомобиль”, “Здание”, “Корпус” и “Сверло”.



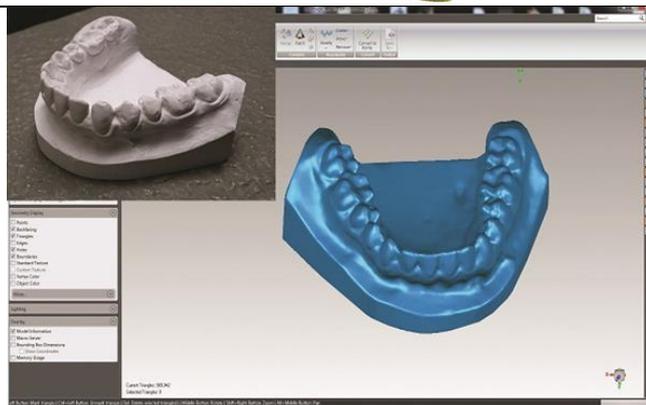
Трехмерное сканирование объектов “Человек” и “Стул”.



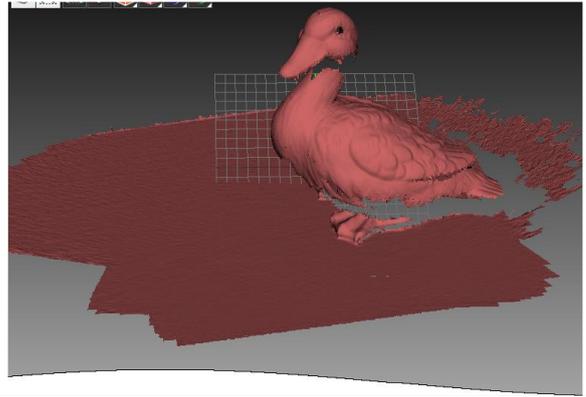
Трехмерное сканирование объектов “Корпус” и “Монета”.



Трехмерное сканирование объектов “Станок” и “Челюсть”.



Трехмерное моделирование на основе данных объемной оцифровки объектов “Человек”, “Скульптура” и “Стул”.



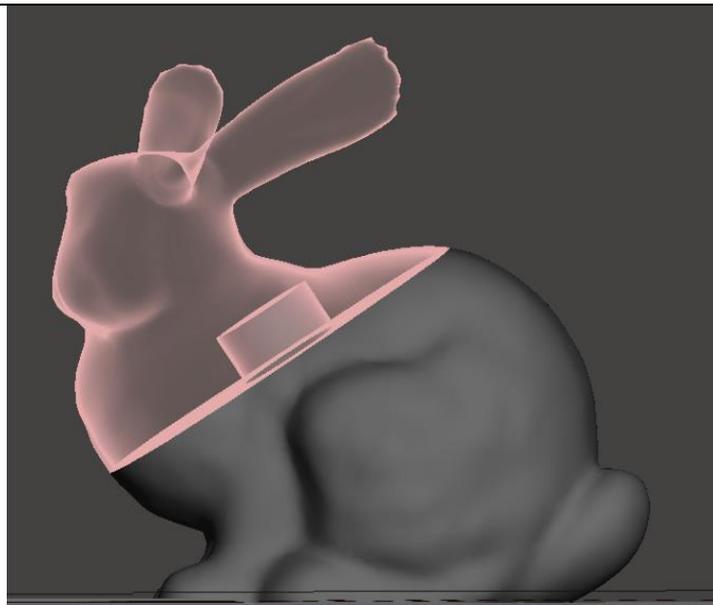
Доработка трехмерных сканов объектов “Человек”, “Скульптура” и “Стул”.



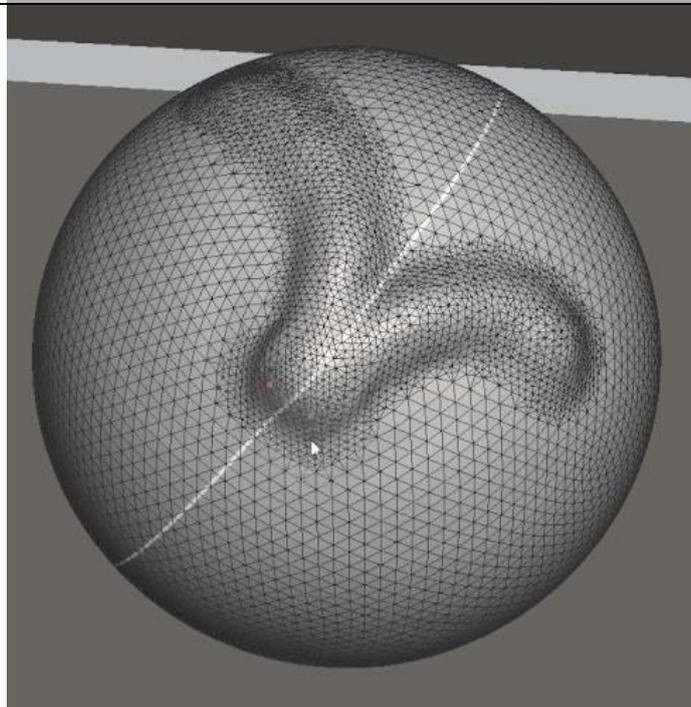
Трехмерное моделирование на основе данных объемного сканирования объектов “Станок” и “Монета”.



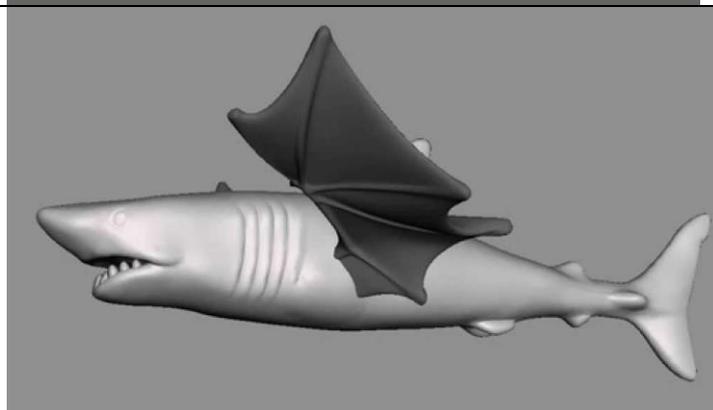
Полигональное моделирование объектов "Корпус" и "Манекен".



Скульптурная доработка полигональных моделей объектов "Корпус" и "Манекен".



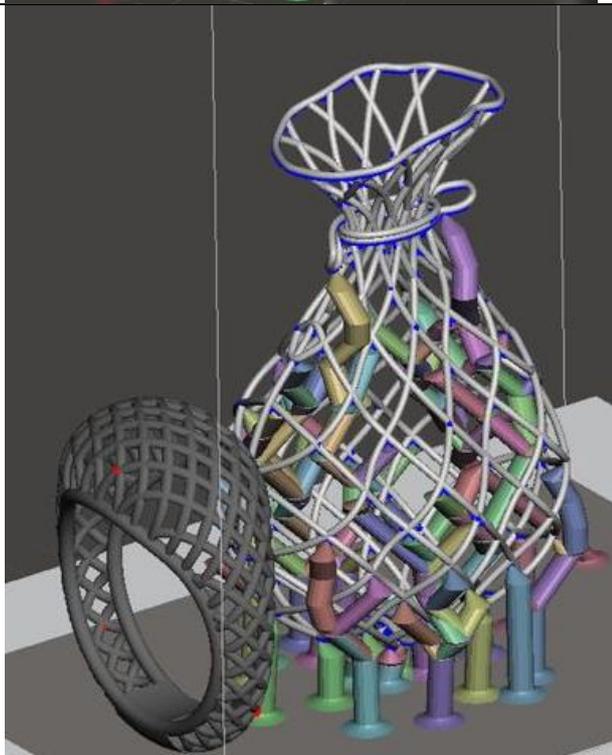
Использование средств коррекции и сопряжения при редактировании полигональных моделей объектов "Корпус" и "Манекен".



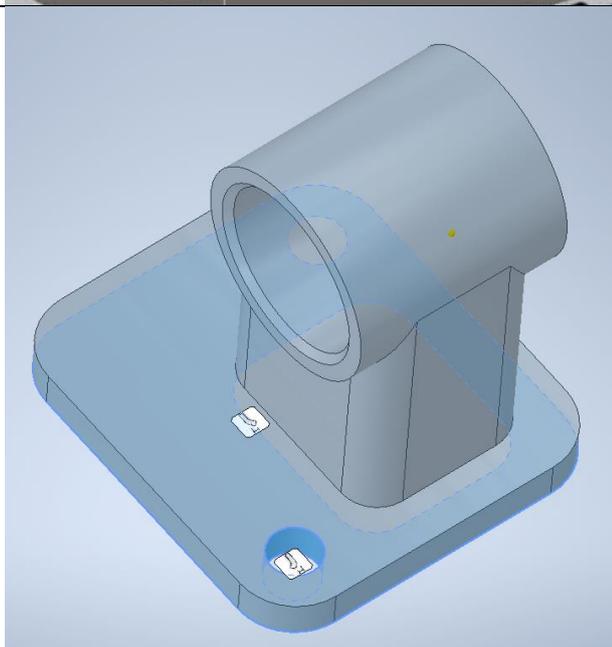
Анализ областей и генерации поддержек для подготовки полигональных моделей "Корпус" и "Манекен" к трехмерной печати.



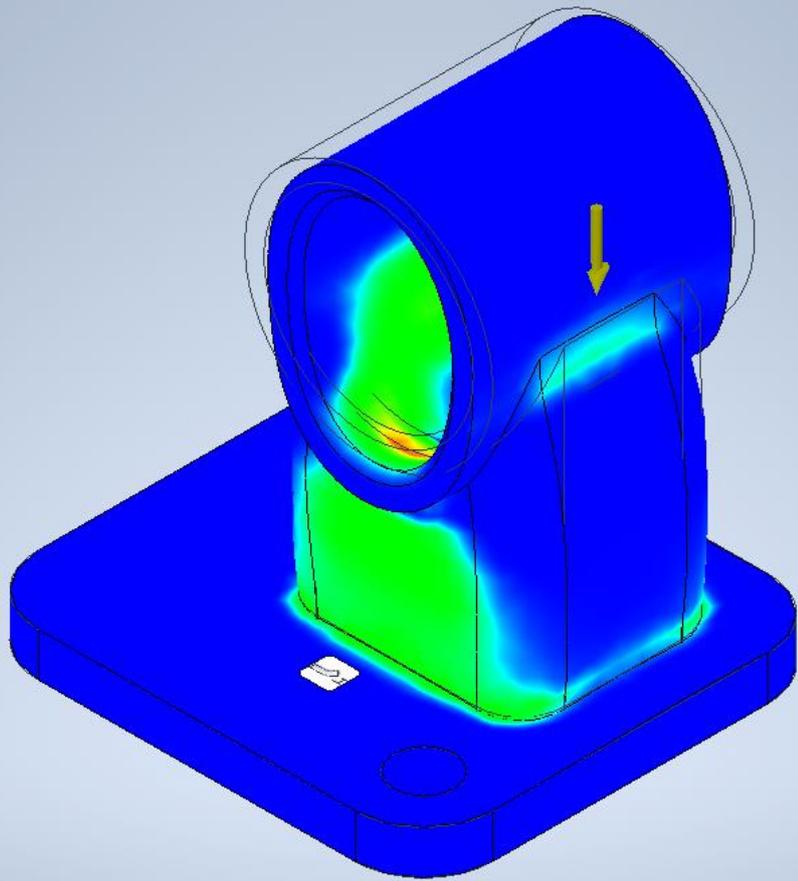
Полигональное моделирование и подготовка к трехмерной печати объектов "Плита" и "Скульптура".



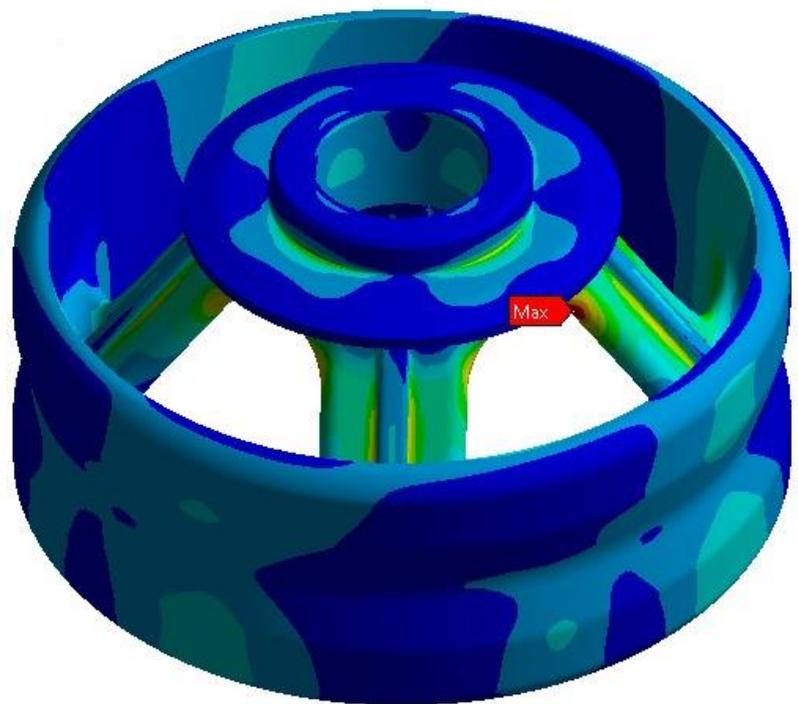
Исследование эксплуатационных условий для проведения структурного анализа детали "Кронштейн".



Осуществление структурного анализа на основе конечноэлементной сетки детали “Кронштейн”.



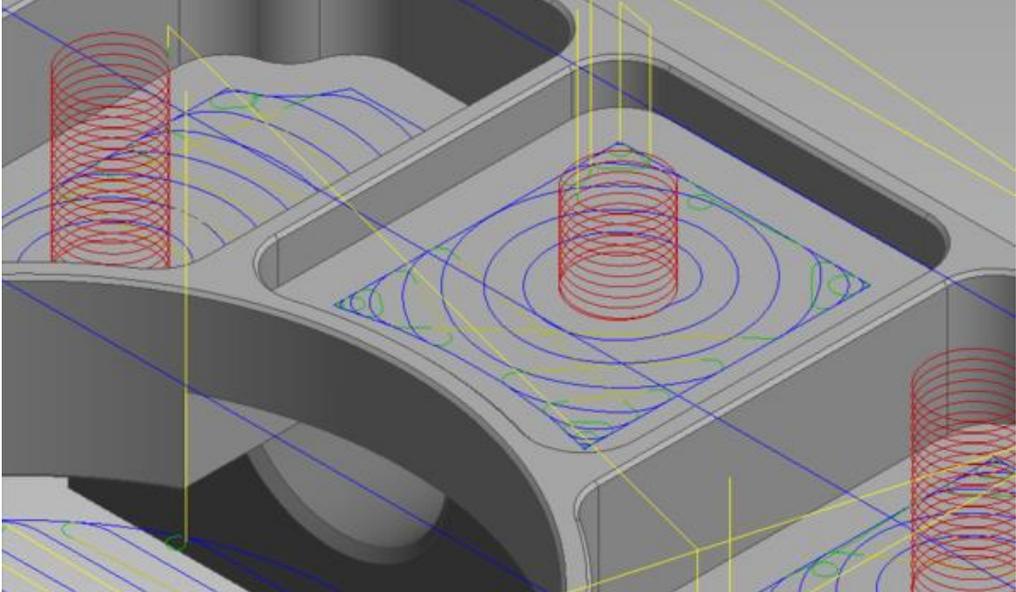
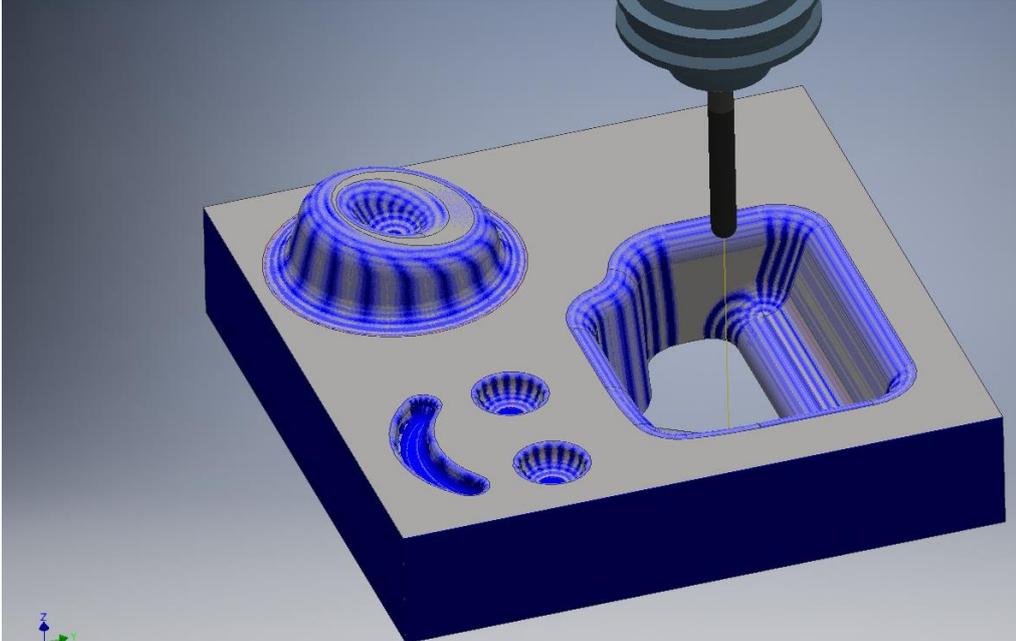
Выполнение структурного анализа деталей “Крепеж” и “Корпус”.



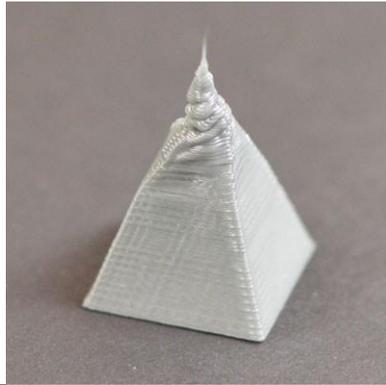
Определение параметров резанья с использованием расчетных формул.

Некоторые расчетные формулы:

$$V_c = \frac{\pi \times DC_{ap} \times n}{12}$$

	$n = \frac{v_c \times 12}{\pi \times DC_{ap}}$ $Q = AP \times a_e \times v_f$	
Подготовка управляющих программ на основе G-кодов.	% O0002 (Treugolnik) G00 Z0.5 F70 G00 X20 Y30 G01 Z-3 F60 G01 X20 Y150 F60 G01 X110 Y30 G01 X20 Y30 G00 Z0.5 G00 X0 Y0 M30 %	(Номер программы (O0002) и её название (Treugolnik)) (поднятие инструмента на безопасную высоту) (перемещение к точке начала фрезерования) (опускание инструмента на необходимую глубину фрезерования) (фрезерование катета a) (фрезерование гипотенузы) (фрезерование катета b) (поднятие фрезы на безопасную высоту) (перемещение инструмента на исходную точку) (конец управляющей программы)
Подготовка управляющих программ для оборудования с использованием средств моделирования фрезерной обработки.		
Подготовка и проведения моделирования фрезерной обработки детали "Корпус".		

Анализу требований и подготовка к трехмерной печати деталей “Корпус” и “Кронштейн”.



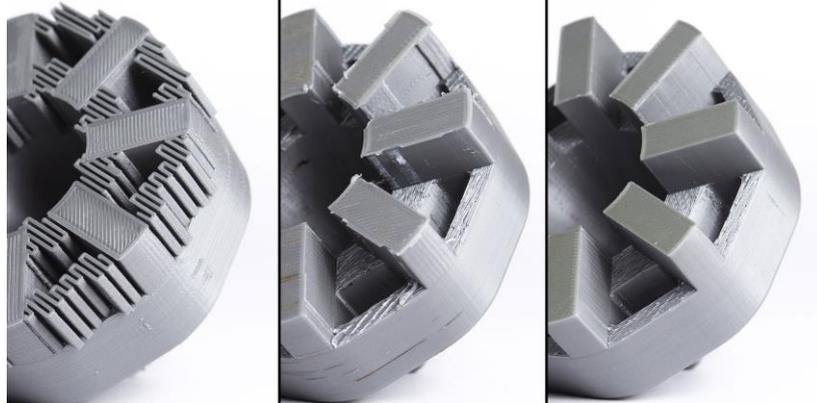
Анализ геометрии и снижение скорости печати на малых площадях

Настройка трехмерных принтеров, аддитивному производству и постобработка изделий “Скульптура”, “Корпус” и “Мышь компьютерная”.

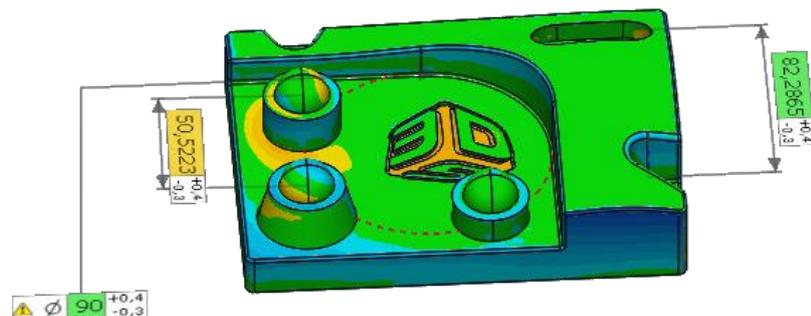


Удаление поддержек и сглаживание поверхности.

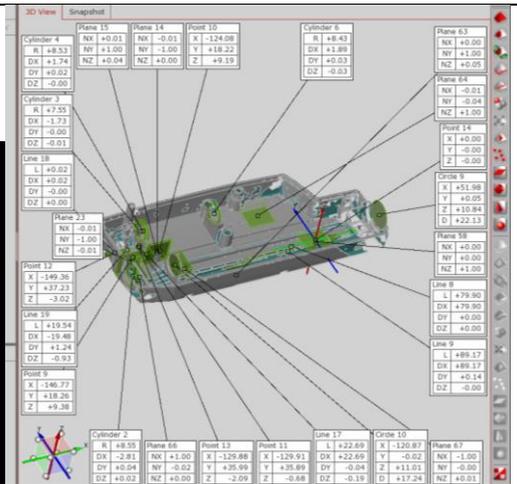
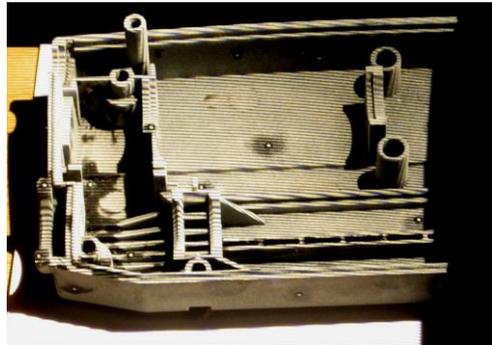
Трехмерная печать с использованием универсального и специализированного программного обеспечения изделий “Макет автомобиля”, “Муфта” и “Цепь”.



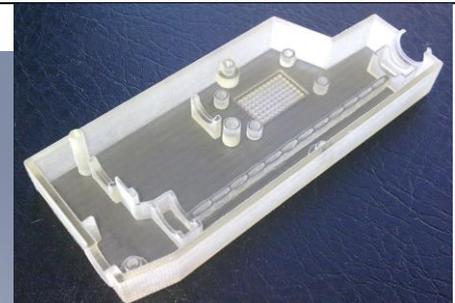
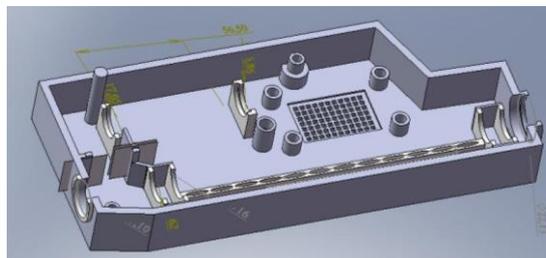
Объемная оцифровка и контроль геометрии с деталей “Корпус” и “Кронштейн” использованием трехмерных сканеров и средств сравнительного анализа.



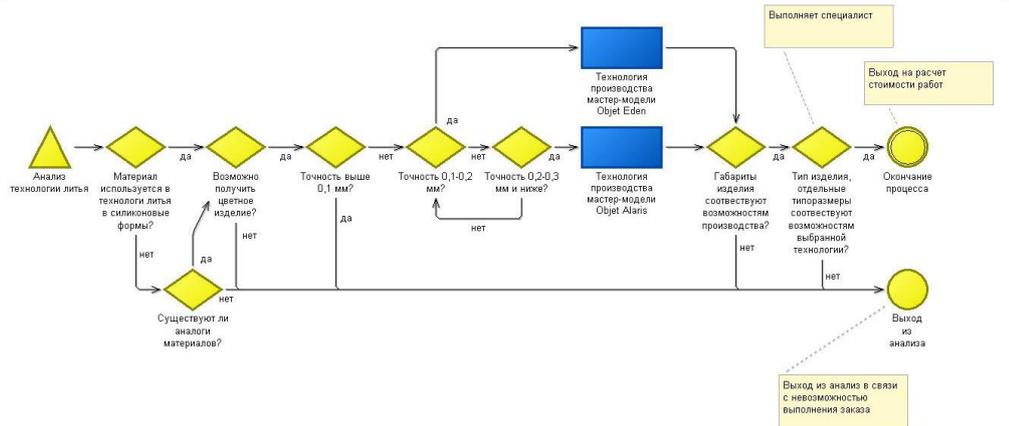
Трехмерное моделирование деталей “Корпус” и “Кронштейн” с использованием средств обратного проектирования на основе объемного анализа.



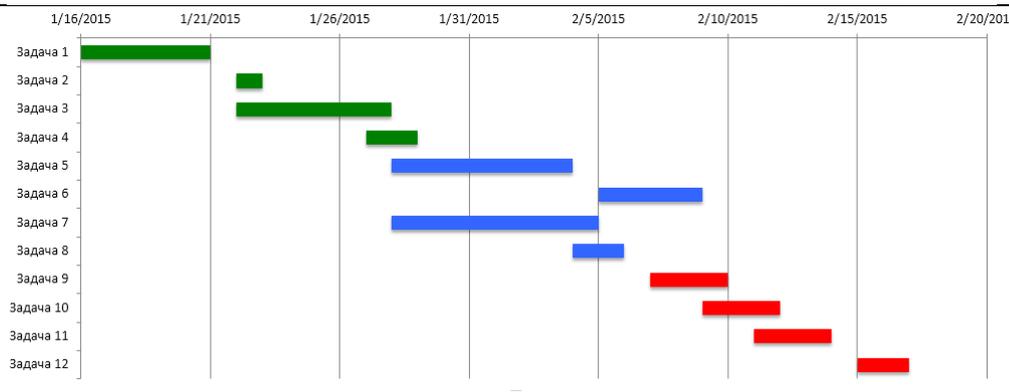
Выполнение объемного контроля и обратного проектирования деталей “Муфта” и “Плита”.

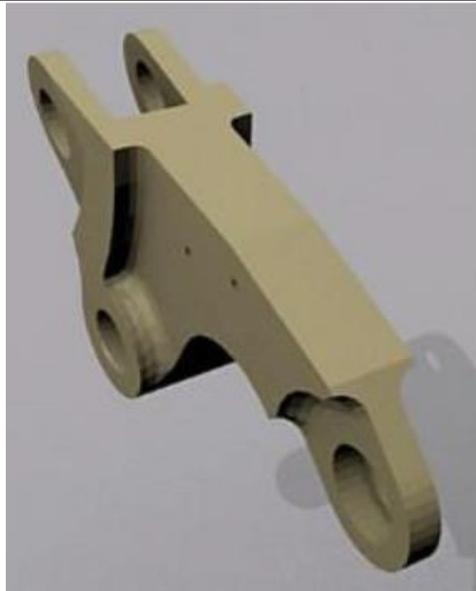


Построения функциональных, организационных и информационных моделей для бизнес-процессов аддитивного производства изделий.



Создание, мониторинг и управление задачами в условиях проектной работы аддитивного производства.





Простота производства на традиционном оборудовании

Усложнение геометрии – меньше вес и затраты материала при той же прочности

Построение объектно-ориентированных моделей баз данных в условиях применения современных производственных технологий.

