**Комитет по образованию правительства Санкт-Петербурга**

**Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение**

**Президентский физико-математический лицей №239**

УТВЕРЖДАЮ

Директор

ГБОУ «Президентский ФМЛ №239»

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_М.Я. Пратусевич

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2021 г.

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА**

**повышения квалификации**

**«МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ОСНОВ ИНЖЕНЕРНОГО 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ  
И ПРОТОТИПИРОВАНИЯ НА БАЗЕ САПР AUTODESK INVENTOR И ONSHAPE»**

*Автор программы: Рытов Алексей Максимович,   
преподаватель доп. образования*

**Санкт-Петербург**

**2021**

**Образовательная программа повышения квалификации**

**«Методика преподавания инженерного 3d-моделирования и прототипирования   
на базе САПР Autodesk Inventor и OnShape»**

### I. Введение

В современном обществе, совершившем или совершающем переход от индустриального к постиндустриальному этапу развития, производство все более опирается на использование автоматизированного и роботизированного оборудования, технологий быстрого прототипирования (таких как 3D-печать) и программных средств конструирования технических объектов. Образ «рабочего у станка» все более заменяется образом инженера, моделирующего на компьютере различные аспекты конструкции и функционирования проектируемого изделия, а затем передающего созданные модели для изготовления на автоматическом оборудовании. Другой облик того же идеального персонажа — энтузиаст-самодельщик, критически и творчески относящийся к окружающей его технической среде и обладающий изобретательностью, умениями и доступом к оборудованию, чтобы создавать инновационные, легко тиражируемые продукты.

Таким образом, обучение детей современным технологиям должно включать в себя не только и не столько навыки ручного труда и пользование инструментом, сколько понимание принципов инженерного 3D-моделирования и конструирования, умение использовать современные системы автоматизированного проектирования (САПР) и оборудование для быстрого прототипирования. Использование таких технических средств позволяет освободить творческую фантазию ребенка, радикально снизив барьер между идеей и ее реализацией.

Традиционно, промышленные станки с ЧПУ и САПР-системы считаются (и, в основном, являются) дорогостоящим, сугубо профессиональным и сложным в обращении оборудованием. Тем не менее, в последнее время появилась возможность оснащения школьных мастерских относительно недорогим станочным оборудованием для «цифрового производства», а многие производители профессиональных САПР-систем бесплатно, либо по льготной цене, предоставляют свои программные продукты образовательным учреждениям.

За последние годы тема инженерного 3D-моделирования в образовании детей получает все более широкое развитие в России, в т.ч. в Санкт-Петербурге, где было создано городское методическое объединение, регулярно проводятся соревнования и конференции. Быстрейшему развитию данной тематики препятствует, недостаточное количество подготовленных преподавателей и недостаточная оснащенность школ.

Автор данной образовательной программы уже более 8 лет проводит обучение детей 6-11 классов, а также преподавателей, основам инженерного 3D-моделирования и конструирования на базе САПР Autodesk Inventor и, в последние 2 года, на базе онлайн-САПР OnShape.com. На основе этого опыта, автором разработана методика преподавания инженерного 3D-моделирования в курсе дополнительного образования детей, либо же в школьном курсе технологии. Основы этой методики оформлены в виде программы курсов повышения квалификации для преподавателей основного и дополнительного образования, предлагаемой в данном документе.

**Направленность** программы - техническая. Программа направлена на подготовку преподавателей для ведения уроков и занятий кружков «инженерного 3D-моделирования и конструирования» с использованием современных образовательных технологий.

**Актуальность.** В связи с активным внедрением новых технологий в жизнь общества, постоянно увеличивается потребность в высококвалифицированных специалистах. Владение технологиями инженерного 3D-моделирования и «цифрового производства» является неотъемлемой частью навыков современного инженера.

В многих ВУЗах Санкт-Петербурга присутствуют специальности, связанные с инженерным 3D-моделированием и конструированием, но в большинстве случаев не происходит предварительной ориентации школьников на возможность продолжения учебы в данном направлении. Между тем, склонность к конструированию и изобретательству изначально присуща большинству детей, но зачастую затухает, не находя поддержки в школе.

Таким образом, появилась возможность и назрела необходимость в непрерывном образовании в сфере инженерной грамотности и основ конструирования. Заполнить пробел между детскими увлечениями и серьезной ВУЗовской подготовкой позволяет изучение инженерного 3D-моделирования и конструирования в школе и учреждениях дополнительного образования на основе «цифровых мастерских», оснащенных 3D-принтерами и станками с ЧПУ.

**Педагогическая целесообразность.** Введение дополнительной образовательной программы по инженерному 3D-моделированию существенно изменяет мировосприятие учащихся. Возможность перевести техническую идею в компьютерную модель, а затем в готовое изделие почти «заводского» качества является, для современного ребенка, очень мощным стимулом к преодолению инстинкта потребителя и формированию стремления к самостоятельному созиданию.

В отличие от традиционных кружков судо-, авто-, авиа- и прочего моделирования, инженерное 3D-моделирование позиционируется как сугубо технологическая дисциплина, не завязанная на конкретную область моделирования и открытая для взаимодействия с «заказчиками» из других технических дисциплин. Инженерное 3D-моделирование идеально сочетается, например, с изучением робототехники (где в какой-то момент необходимо переходить от сборки роботов из готовых конструкторов к их самостоятельному проектированию), с любыми техническими кружками чего-то-моделирования, может использоваться для созданий детьми учебных пособий по физике, биологии и другим школьным предметам.

Уже само умение моделировать в параметрической САПР напрямую связано с интуитивным пониманием геометрических построений, развитием пространственного воображения, умением планировать свои действия. В ходе постепенного развития от простых декоративных изделий к более сложным «работающим» конструкциям, перед юными инженерами неизбежно встают задачи, предполагающие применение детьми на практике теоретических знаний, полученных на математике или физике, что ведет к более глубокому пониманию основ, закрепляет полученные навыки, формируя образование в его наилучшем смысле. Их решение развивает уверенность в своих силах и расширяет горизонты познания.

Усвоенное в школьном возрасте творческое отношение к окружающей техно-среде, осознание своей способности понять, воспроизвести и улучшить многие из повседневных технических объектов, ко времени окончания вуза и начала работы по специальности отзовутся в принципиально новом подходе к реальным задачам, в формировании специалистов нового склада, способных к совершению инновационного прорыва в современной науке и технике.

**Цель обучения:**

* обучение педагогов основам инженерного 3D-моделирования в САПР Autodesk Inventor и OnShape.com
* ознакомление педагогов с методикой преподавания инженерного 3D-моделирования детям 6-11 классов
* ознакомление педагогов с технологиями «цифрового производства», применимых в условиях учебного заведения

**Задачи курса:**

* Познакомить слушателей с особенностями организации занятий по инженерному 3D-моделированию, с выбором и эксплуатацией оборудования для «цифровой мастерской»,
* Обучить слушателей владению основной функциональностью программ Autodesk Inventor и/или OnShape.com, по методике, применяемой для обучения детей.

**Ожидаемые результаты**

Результатом проведения курса должна стать способность слушателя курса самостоятельно организовать, на базе представляемой им организации, обучение детей инженерному 3D-моделированию, а также создание творческих проектов. Слушатель курса должен также быть в состоянии осмысленно выбрать оборудование и материалы для своей «цифровой мастерской», уметь с ним обращаться и понимать диапазон возможностей, предоставляемых различными видами оборудования для выполнения детских творческих проектов.

**Категория слушателей:** Данный курс предназначен для педагогов дополнительного образования (технической направленности), а также учителей информатики, физики, технологии.

**Требования к слушателям:** Общая компьютерная (на уровне "опытного пользователя") и техническая грамотность, отсутствие «страха перед техникой», склонность к созданию любого рода технических самоделок. Не требуется предшествующего опыта работы в САПР или других программах 3D-моделирования.

**Продолжительность курса:** Программа курса рассчитана на 36 учебных часов, содержит теоретическую и практическую часть.

**Формы обучения:** очная.

**Режим занятий:** интенсивный курс реализуется методом погружения, занятия ежедневно по 6-8 академических часов в день

### **II**. Содержание

*Тема 1 (Т1). Возможности и перспективы преподавания инженерного 3D-моделирования и конструирования.*

Вводная лекция, на которой рассматривается целесообразность и методы внедрения данного предмета в основном и дополнительном образовании. Рассматривается состав типичной «цифровой мастерской». Проводится обзор оборудования и программного обеспечения, демонстрация детских учебных проектов, выполненных на занятиях по инженерному 3D-моделированию.

*Тема 2 (Т2). Основы моделирования в Autodesk Inventor*

Это основная тема данного курса, состоящая из последовательности усложняющихся практических заданий по 3D-моделированию в САПР Autodesk Inventor. Каждое задание преподаватель предваряет коротким пояснением и демонстрацией соответствующих приемов моделирования, затем обучающиеся индивидуально выполняют задание, пользуясь предоставляемой пошаговой инструкцией. По усмотрению преподавателя (и при наличии технической возможности), некоторые из созданных моделей могут затем изготавливаться на 3D-принтере.

Особое внимание уделяется распознаванию и коррекции типичных ошибок детей при изучении материала, вариативности заданий, спектру формируемых на каждом занятии умений и навыков.

При проведении занятий с группами преподавателей, также изучающих образовательную робототехнику на базе конструкторов Лего, часть заданий по моделированию ориентирована на создание Лего-совместимых деталей. Рассматриваются особенности моделирования нестандартных Лего-совместимых деталей и возможности использования таких деталей в робототехнических проектах, выполненных на базе конструктора Lego NXT.

*Тема 3 (Т3). Основы 3D-печати*

Рассматриваются различные технологии 3D-печати, их возможности, ограничения и применимость в «цифровой мастерской». Подробно рассматриваются характеристики, особенности и критерии выбора FDM (термоэкструзионных) принтеров и материалов для них (пластиковых прутков), применительно к использованию в учебном процессе. Принципы работы, выбор и сравнение программ управления 3D-печатью.

Учет особенностей 3D-печати при моделировании — ограничения по размеру, геометрии, точности, прочности. По усмотрению преподавателя, этот материал может быть рассмотрен в ходе обучения основам моделирования.

Загрузка и размещение модели на рабочем столе. Выбор ориентации модели при печати. Настройка параметров «слайсера» (программы послойной нарезки) для различных типов распечатываемых изделий (толщина слоя, скорость, поддержки, «плотик» и пр). Простейшее обслуживание 3D-принтера — калибровка высоты стола, смена пластика, чистка экструдера и т. к.

При наличии технической возможности (нескольких 3D-принтеров), проводятся практические (с разбиением на группы) занятия по управлению 3D-печатью и обслуживанию 3D-принтеров. В противном случае, необходимые приемы демонстрируются преподавателем.

*Тема 4 (Т4). Основы моделирования объектов для лазерной резки*

Рассматриваются особенности использования в «цифровой мастерской» станков с ЧПУ для лазерной резки листовых материалов. Характеристики, особенности и критерии выбора лазерного станка. Обрабатываемые материалы. ПО для управления лазерным станком. ПО для создания «плоской» векторной графики. Сайты по выпиливанию лобзиком как источник идей для учебных проектов. Другие интернет-ресурсы.

Изучаются приемы моделирования в Autodesk Inventor объемных конструкций для изготовления из плоских деталей (использование «мультител» для деталировки моделей, виды соединений плоских деталей). Пользуясь пошаговыми инструкциями, обучаемые выполняют несколько практических заданий по моделированию для лазерной резки. При наличии технической возможности (лазерного станка), некоторые из выполненных работ могут быть изготовлены.

*Тема 5 (Т5). Обзор форматов проведения соревнований по инженерному 3D*

Рассматриваются различные виды соревнований и конкурсов творческих проектов, в том числе с точки зрения контроля усвоения материала обучающимися. Виды соревнований включают: блиц-турниры по карточкам, творческие конкурсы, соревнования WorldSkills "Изготовление прототипов" и "Инженерный Дизайн - САПР". Рассматривается методика составления заданий и особенности системы оценивания этих соревнований.

*Тема 6 (Т6). Обзор других технологий, доступных для школьной «цифровой мастерской»*

*Преподаватель рассказывает о некоторых технологиях «цифровой мастерской», оборудование для которых может быть приобретено (фрезерование) или которые могут быть реализованы в конструкторском кружке, как учебные проекты: самодельные 3D-принтеры и гравировальные станки, станки с ЧПУ (на базе контроллера Ардуино) для горячей резки пенопласта, для 3D-гибки проволоки, литье из легкоплавких материалов в фрезерованные или 3D-печатные формы, приспособление для вакуумной формовки, проектирование и изготовление печатных плат и пр.*

*Зачет.*

Зачет проводится в форме составления заданий (набора карточек) для соревнования по скоростному 3D-моделированию (блиц-турнира). Составление задания включает в себя выбор объекта для моделирования, создание модели, генерацию чертежа и подсчет оценки сложности моделирования.

* 1. **Учебно-календарный план**

| **Тема** | **Содержание занятия** | **Всего часов** | **В том числе** | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Теория** | **Практика** |
| **День 1 — введение и основы моделирования** | | | **Дата:** | |
| **Т1** | Введение. Возможности и перспективы преподавания инженерного 3D-моделирования и конструирования. | **1** | **1** | **0** |
| T2 | Первый опыт работы в **Autodesk Inventor.** Обзор пользовательского интерфейса, рисование эскиза и выдавливание. | 2 | 1 | 1 |
| T2 | Конструктивное устройство деталей Лего, «лего-юнит». Экспорт для печати и изготовление на 3D-принтере  **Упражнение**: «*Лего-блок*» | 1 | 0.25 | 0.75 |
| T2 | Типичные ошибки в эскизах (разрывы, наложения, петли) и способы их устранения.  Упражнение: «Вылечи эскиз» | 1 | 0.25 | 0.75 |
| T2 | Геометрические построения в эскизе. Простановка зависимостей.  **Упражнение**: «*Маленький мальчик Инвентор нашел*» (выравнивание эскиза). | 1 | 0.25 | 0.75 |
| **День 2 — Изобретаем колесо** | | | **Дата:** | |
| T2 | Операция вращения.Как рисовать крестовидное отверстие для оси.  **Упражнение**: «*Втулка*» | 1 | 0.25 | 0.75 |
| T2 | Элементы вращения, круговые массивы, текст по кривой. Операция «Рельеф», надписи на цилиндрах и рисунки протектора.  **Упражнения**: «Колесо с протектором». | 2 | 0.5 | 1.5 |
| T2 | Продолжаем работать с элементами вращения, круговые массивы. Вырезание элементов вращения.  **Упражнение**: «Колонна». | 1 | 0.25 | 0.75 |
| T2 | Установка размеров. Линейные и угловые размеры, длина наклонного отрезка, расстояние между кривыми, параметризация размеров, «такой же» размер. Справочные размеры. Нахождение «важных» размеров на эскизе. Диапазон размеров и допуски при 3D-печати.  **Практика**: серия коротких упражнений на установку размеров | 2 | 1 | 1 |
| **День 3 — хваталки и шестеренки** | | | **Дата:** | |
| Т2 | Параметризация. Шаблон детали. Базовые и производные детали.  **Упражнение**: «параметрический *Лего-блок*» | 2 | 0.5 | 1.5 |
| Т2 | Зубчатые передачи. Форма зуба шестерни, модуль шестерни. Массивы на эскизе и массивы 3D-элементов.  **Упражнение**: «Зубчатый сектор» | 2 | 0.5 | 1.5 |
| Т2 | 3D-моделирование в робототехнических проектах.  **Самостоятельное упражнение**: моделируем лего-совместимый схват для банки | 2 | 0.5 | 1.5 |
| **День 4 - продвинутое моделирование** | | | **Дата:** | |
| T2 | Поверхности. Их создание, придание толщины. Операция "Сдвиг по линии".  **Упражнение**: "Продвинутый кувшин" | 1 | 0.25 | 0.75 |
| T2 | Операция «пружина», 3D-эскизы и линии пересечения, работа с поверхностями.  **Упражнение**: «Гребной винт» (простой вариант) | 1 | 0.25 | 0.75 |
| Т2 | Мультитела. Их комбинирование. Преобразование в сборку.  **Упражнение**: «Лего-вертушка» | 2 | 0.5 | 1.5 |
| T2 | Мультитела. Объединение и вычитание тел, 3D-эскизы и линии пересечения, работа с поверхностями.  **Упражнение**: "Ажурный кувшин" | 2 | 0.5 | 1.5 |
| **День 5 — сборки, моделирование для лазера** | | | **Дата:** | |
| T2 | Введение в сборочные модели. Простые сборочные зависимости.  **Упражнение**: «Кривошипно-шатунный механизм» | 2 | 0.5 | 1.5 |
| T4 | Моделирование для лазерной резки. Виды соединений. Деталировка мульти-тельных деталей из плоских элементов. Экспорт граней.  **Упражнения**: «Захват», «Простая тележка», «Корпус редуктора» | 2 | 0.5 | 1.5 |
| КР | **Зачет: cоставление задания для блиц-турнира по 3D-моделированию.** | 2 | 0 | 2 |
| **День 6 — работаем с оборудованием** | | | **Дата:** | |
| Т3 | Принципы 3D-печати, обзор оборудования, техника безопасности, основы эксплуатации термоэкструзионных 3D-принтеров. | 1 | 1 | 0 |
| Т3 | Практические занятия по работе с 3D-принтерами. Распечатка одной из ранее сделанных работ. | 2 | 0 | 2 |
| Т4 | Введение в лазерную резку, характеристики и критерии выбора оборудования и ПО, особенности моделирования для лазерной резки в Autodesk Inventor | 2 | 1 | 1 |
| Т6 | Обзор и демонстрация других технологий, применимых в «цифровой мастерской». | 1 | 1 | 0 |

### III. Методические рекомендации по реализации программы

Программа составлена согласно педагогической целесообразности внедрения курса инженерного 3D-моделирования в дополнительном образовании или основной школе с учетом развития способностей детей 6-8 классов и старше. В обучении используются следующие методы: лекция, беседа, практическая работа, семинар, представление проектов. Применяется индивидуальная работа и работа в парах. Хорошие результаты приносят приемы, направленные на активизацию мышления и действия каждого обучающегося в отдельности.

### IV. Учебно-методическое обеспечение

1. Комплект пошаговых инструкций по выполнению учебных заданий на Autodesk Inventor
2. Образцы работ, выполненных детьми на занятиях по инженерному 3D-моделированию.
3. Онлайн-курс с заданиями на платформе Stepik.

### V. Материально-техническое обеспечение

1. 3D-принтер, любой модели, по количеству обучающихся.
2. Станок с ЧПУ для лазерной резки (по возможности)
3. Компьютер преподавателя
4. Проектор или интерактивный экран, подключенный к компьютеру преподавателя.
5. Доска маркерная, маркеры.
6. Компьютеры с ОС Windows 10 или новее, 64 бита - по количеству обучающихся.
7. ПО Autodesk Inventor 2020 или новее (учебная лицензия, на каждом компьютере).
8. ПО OnShape.com - не требует установки, запускается в броузере с личных учеток обучающихся.
9. Бесплатное ПО для управления 3D-принтером (в зависимости от модели принтера).
10. Доступ в Интернет со всех компьютеров

### VI. Литература и ссылки

1. Thingiverse - большая коллекция 3D-моделей для печати, как источник идей для детских проектов (англ.): <http://www.thingiverse.com/>
2. «Форум клана ЧПУ-шников» - обсуждение различных вопросов, связанных с любительской работой на станках с ЧПУ: <http://cnc.userforum.ru/>
3. Instructables – большая коллекция иллюстрированных пошаговых инструкций по изготовлению всевозможных самоделок (англ.): [http://instructables.com](http://instructables.com/)
4. MAKE – журнал для современных самодельщиков (англ.): [http://makezine.com](http://makezine.com/)
5. Проект RepRap – материалы, связанные с конструированием самодельных 3D-принтеров (англ.): [http://www.reprap.org](http://www.reprap.org/)

### **VII. Учебный план программы повышения квалификации** **«Методика преподавания инженерного 3d-моделирования и прототипирования на базе САПР Autodesk Inventor и OnShape»**

Количество часов по темам и разделам программы

| **Тема** | **Содержание занятия** | **Всего часов** | **В том числе** | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Теория** | **Практика** |
| **День 1 — введение и основы моделирования** | | | **Дата:** | |
| **Т1** | Введение. Возможности и перспективы преподавания инженерного 3D-моделирования и конструирования. | **1** | **1** | **0** |
| T2 | Первый опыт работы в **Autodesk Inventor.** Обзор пользовательского интерфейса, рисование эскиза и выдавливание. | 2 | 1 | 1 |
| T2 | Конструктивное устройство деталей Лего, «лего-юнит». Экспорт для печати и изготовление на 3D-принтере  **Упражнение**: «*Лего-блок*» | 1 | 0.25 | 0.75 |
| T2 | Типичные ошибки в эскизах (разрывы, наложения, петли) и способы их устранения.  Упражнение: «Вылечи эскиз» | 1 | 0.25 | 0.75 |
| T2 | Геометрические построения в эскизе. Простановка зависимостей.  **Упражнение**: «*Маленький мальчик Инвентор нашел*» (выравнивание эскиза). | 1 | 0.25 | 0.75 |
| **День 2 — Изобретаем колесо** | | | **Дата:** | |
| T2 | Операция вращения.Как рисовать крестовидное отверстие для оси.  **Упражнение**: «*Втулка*» | 1 | 0.25 | 0.75 |
| T2 | Элементы вращения, круговые массивы, текст по кривой. Операция «Рельеф», надписи на цилиндрах и рисунки протектора.  **Упражнения**: «Колесо с протектором». | 2 | 0.5 | 1.5 |
| T2 | Продолжаем работать с элементами вращения, круговые массивы. Вырезание элементов вращения.  **Упражнение**: «Колонна». | 1 | 0.25 | 0.75 |
| T2 | Установка размеров. Линейные и угловые размеры, длина наклонного отрезка, расстояние между кривыми, параметризация размеров, «такой же» размер. Справочные размеры. Нахождение «важных» размеров на эскизе. Диапазон размеров и допуски при 3D-печати.  **Практика**: серия коротких упражнений на установку размеров | 2 | 1 | 1 |
| **День 3 — хваталки и шестеренки** | | | **Дата:** | |
| Т2 | Параметризация. Шаблон детали. Базовые и производные детали.  **Упражнение**: «параметрический *Лего-блок*» | 2 | 0.5 | 1.5 |
| Т2 | Зубчатые передачи. Форма зуба шестерни, модуль шестерни. Массивы на эскизе и массивы 3D-элементов.  **Упражнение**: «Зубчатый сектор» | 2 | 0.5 | 1.5 |
| Т2 | 3D-моделирование в робототехнических проектах.  **Самостоятельное упражнение**: моделируем лего-совместимый схват для банки | 2 | 0.5 | 1.5 |
| **День 4 - продвинутое моделирование** | | | **Дата:** | |
| T2 | Поверхности. Их создание, придание толщины. Операция "Сдвиг по линии".  **Упражнение**: "Продвинутый кувшин" | 1 | 0.25 | 0.75 |
| T2 | Операция «пружина», 3D-эскизы и линии пересечения, работа с поверхностями.  **Упражнение**: «Гребной винт» (простой вариант) | 1 | 0.25 | 0.75 |
| Т2 | Мультитела. Их комбинирование. Преобразование в сборку.  **Упражнение**: «Лего-вертушка» | 2 | 0.5 | 1.5 |
| T2 | Мультитела. Объединение и вычитание тел, 3D-эскизы и линии пересечения, работа с поверхностями.  **Упражнение**: "Ажурный кувшин" | 2 | 0.5 | 1.5 |
| **День 5 — сборки, моделирование для лазера** | | | **Дата:** | |
| T2 | Введение в сборочные модели. Простые сборочные зависимости.  **Упражнение**: «Кривошипно-шатунный механизм» | 2 | 0.5 | 1.5 |
| T4 | Моделирование для лазерной резки. Виды соединений. Деталировка мульти-тельных деталей из плоских элементов. Экспорт граней.  **Упражнения**: «Захват», «Простая тележка», «Корпус редуктора» | 2 | 0.5 | 1.5 |
| КР | **Зачет: cоставление задания для блиц-турнира по 3D-моделированию.** | 2 | 0 | 2 |
| **День 6 — работаем с оборудованием** | | | **Дата:** | |
| Т3 | Принципы 3D-печати, обзор оборудования, техника безопасности, основы эксплуатации термоэкструзионных 3D-принтеров. | 1 | 1 | 0 |
| Т3 | Практические занятия по работе с 3D-принтерами. Распечатка одной из ранее сделанных работ. | 2 | 0 | 2 |
| Т4 | Введение в лазерную резку, характеристики и критерии выбора оборудования и ПО, особенности моделирования для лазерной резки в Autodesk Inventor | 2 | 1 | 1 |
| Т6 | Обзор и демонстрация других технологий, применимых в «цифровой мастерской». | 1 | 1 | 0 |

### VIII. Календарный учебный график программы

**«Методика преподавания инженерного 3d-моделирования и прототипирования**

**на базе САПР Autodesk Inventor и OnShape»**

**»**

| **Недели** | **1-6** | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Дни занятий** | **1.1.** | **1.2.** | **1.3.** | **1.4.** | **1.5.** | **1.6.** |
| Количество часов | | | | | | |
| *аудиторные*  *(теория и практика)* | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |  |
| *самостоятельная работа* |  |  | 2 | 2 | 2 |  |
| *итоговая аттестация* |  |  |  |  |  | 6 |