**Управление образования и молодежной политики администрации**

**Павловского муниципального округа Нижегородской области**

**Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение**

**средняя школа №10 г.Павлово**

|  |  |
| --- | --- |
| Рассмотрена и принята наЗаседании педагогического совета МАОУ СШ №10 г.ПавловоПротокол от 29.03.2024 №7 | УТВЕРЖДЕНАприказом МАОУ СШ №10 г.Павловоот 29.03.2024г №102-д. |

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ**

 **ОБЩЕРАЗВИВАЮЩАЯ ПРОГРАММА**

 **«ТЕХНОЛОГИИ ХАЙТЕК»**

 Направленность: техническая Уровень: ознакомительный

Возраст обучающихся: 11 – 17 лет

Срок реализации: 1 год

Составитель (разработчик):

Егоров П.К., педагог дополнительного образования

г. Нижний Новгород

2024 год

**Пояснительная записка**

Предлагаемая программа нацелена на развитие интереса обучающихся к техническому творчеству. Многофункциональный производственный комплекс Хайтек с высокотехнологичным оборудованием позволит обучающимся освоить навыки работы с оборудованием при изготовлении электронных компонентов, навыки обработки металла, дерева, пластика на станках с ЧПУ, освоить 3D-печать, лазерные технологии. Обучающиеся приобретают навыки планирования своей деятельности, коллективного творчества, презентации и самооценивания результатов образовательной деятельности, а также им прививаются навыки профессиональной деятельности.

**Актуальность программы** определяется успешной социализацией ребёнка в современном обществе, его продуктивным освоением разных социальных ролей, закладывает основы технологического предпринимательства.

**Новизна программы** заключается в демонстрации обучающимся существующих основных технологий производства, особенностей их применения, достоинств и недостатков, в том числе при разработке прототипов и материализации различных идей. Программа также освещает основы изобретательства и инженерии, в том числе теорию решения изобретательских задач.

 Структура программы представляет собой логическую последовательность освещения основных современных технологий производства, таких как лазерные, аддитивные, классические технологии с использованием станков ЧПУ. Программа последовательно освещает процессы моделирования: от 2D к 3D. Раскрыта содержательная часть программы, описаны основные кейсы и разделы занятий.

**Цель реализации программы**: формирование компетенций по работе с высокотехнологичным оборудованием, формирование интереса к изобретательству и инженерии, применение полученного опыта в практической работе и в проектах, подготовка мотивированных школьников, готовых к использованию современных материалов и созданию технологий будущего на основе получения навыков программирования, конструирования и материалообработки.

**Задачи программы**

Обучающие:

 − познакомить с основами теории решения изобретательских задач и инженерии;

− научить проектированию в САПР и созданию 2 D и 3D моделей;

− научить практической работе на лазерном оборудовании;

− научить практической работе на аддитивном оборудовании;

− научить практической работе на станках с числовым программным управлением (ЧПУ)

(фрезерных станках);

− научить пользоваться измерительным инструментом;

− научить практической работе с ручным инструментом;

− научить практической работе с электронными компонентами.

Развивающие:

− формировать способности решать проблемы и актуальные задачи в заданные сроки при разработке инженерно-технических устройств;

− развивать личностные компетенции такие, как: память, внимание, способность логически мыслить и анализировать, концентрировать внимание на главном при работе над творческими и научными проектами в области информатики;

− расширять круг интересов, развить самостоятельность, аккуратность, ответственность, активность, критического и творческого мышление при работе в команде, проведении исследований, выполнении индивидуальных и групповых заданий при конструировании и моделировании механизмов и устройств;

 − формировать основы технической культуры и грамотности при работе в специализированных классах, цехах и лабораториях;

− способствовать развитию творческих способностей учащихся, познавательных интересов, развитию индивидуальности и самореализации;

− расширять технологические навыки при подготовке различных информационных материалов;

− развивать познавательные способности ребенка, пространственное мышление, аккуратность и изобретательность при работе с техническими устройствами, создании электронных устройств и выполнении учебных проектов;

− формировать творческий подход к поставленной задаче;

− развивать навыки инженерного мышления, программирования, проектирования и эффективного использования электронного вычислительного оборудования.

Воспитательные:

− воспитывать дисциплинированность, ответственность, самоорганизацию;

− формировать организаторские и лидерские качества;

− воспитывать трудолюбие, уважение к труду;

− формировать чувство коллективизма и взаимопомощи;

− воспитывать чувство патриотизма, гражданственности, гордости за достижения отечественной науки и технике.

− воспитать мотивацию учащихся к изобретательству, созданию собственных программных реализаций и электронных устройств;

− привить стремление к получению качественного законченного результата в проектной деятельности;

− воспитывать социально-значимые качества личности человека: ответственность, коммуникабельность, добросовестность, взаимопомощь, доброжелательность.

**Отличительной особенностью программы:** обучающиеся обязательно должны научиться делать что-то своими руками, работать с оборудованием (hard skills) и приобрести навыки, которые очень важны как для участия в коллективных проектах, так и жизни в социуме: работать совместно, брать на себя ответственность, выполнять определенную роль в командной работе, помогать и сочувствовать друг другу и т. д. (soft skills).

**Категория обучающихся: п**рограмма предназначена для обучающихся в возрасте с 11 до 17 лет, без ограничений возможностей здоровья, проявляющих интерес к работе с высокотехнологичным оборудованием.

Количество обучающихся в группе – 10-14 человек.

 **Срок реализации программы**:

 1 учебный год, всего 36 часов.

**Формы и режим занятий**

Программа реализуется 2 раза в неделю по 1 академическому часу (40 минут).

 **Основной** **формой** являются групповые занятия. В основе

образовательного процесса лежит проектный подход. Основная форма работы теоретической части — лекционные занятия в группах до 15 обучающихся. Практические задания планируется выполнять индивидуально, в парах и в малых группах. Занятия проводятся в виде бесед, семинаров, лекций. Для наглядности изучаемого материала используется различный мультимедийный материал — презентации, видеоролики.

 Программа является актуальной в условиях реализации новых

образовательных стандартов, способствует развитию у обучающихся интереса к инженерной и изобретательской деятельности, освещает основы технологического предпринимательства и может быть рекомендована в качестве программы дополнительного образования.

**Планируемые результаты обучения по Программе**

* знание основ и принципов теории решения изобретательских задач, овладение начальными базовыми навыками инженерии;
* знание и понимание принципов проектирования в САПР, основ создания и проектирования 2D- и 3D-моделей;
* знание основ и овладение практическими базисными знаниями в работе на лазерном оборудовании;
* знание основ и овладение практическими базисными знаниями в работе на аддитивном оборудовании;
* знание основ и овладение практическими базисными знаниями в работе на станках с числовым программным управлением (фрезерные станки);
* знание основ и овладение практическими базисными знаниями в работе с ручным инструментом;
* знание основ и овладение практическими базисными знаниями в работе с электронными компонентами;
* умение активировать приложения виртуальной реальности,

устанавливать их на устройство и тестировать;

* знание и понимание основных технологий, используемых в хайтеке, их отличия, особенности и практики применения при разработке прототипов;
* знание пользовательского интерфейса профильного ПО, базовых объектов инструментария.
* умение работать в команде: работа в общем ритме, эффективное распределение задач и др.;
* наличие высокого познавательного интереса у обучающихся;

 умение ориентироваться в информационном пространстве, продуктивно использовать техническую литературу для поиска сложных решений;

* умение ставить вопросы, связанные с темой проекта;
* выбор наиболее эффективных решений задач в зависимости от конкретных условий;
* наличие критического мышления;
* проявление технического мышления, познавательной деятельности, творческой инициативы, самостоятельности;
* способность творчески решать технические задачи;
* готовность и способность применения теоретических знаний по физике, информатике для решения задач в реальном мире;
* способность правильно организовывать рабочее место и время для достижения

поставленных целей.

**Артефакты:**

* не менее одного выполненного проекта с созданием итоговой 3D-модели;
* не менее одного элемента конструкции, созданного с использованием каждой из

технологий: лазерной, аддитивной, фрезерной;

* не менее одного элемента, изготовленного методом работы с электронными компонентами; • не менее одной общей конструкции, разработанной в команде.

**Мониторинг образовательных результатов**

 Система отслеживания, контроля и оценки результатов обучения по данной программе имеет три основных критерия:

1. Надежность знаний и умений – предполагает усвоение терминологии, способов и типовых решений в сфере хайтек технологий.
2. Сформированность личностных качеств – определяется как совокупность ценностных ориентаций в сфере хайтек технологий, отношения к выбранной деятельности, понимания ее значимости в обществе.
3. Готовность к продолжению обучения в сфере хайтек технологий – определяется как осознанный выбор более высокого уровня освоения выбранного вида деятельности, готовность к соревновательной и публичной деятельности.

**Способы определения результативности реализации программы и формы подведения итогов реализации программы**

 В процессе обучения проводятся разные виды контроля результативности усвоения программного материала.

Текущий контроль проводится на занятиях в виде наблюдения за успехами каждого обучающегося, процессом формирования компетенций. Текущий контроль успеваемости носит безотметочный характер и служит для определения педагогических приемов и методов для индивидуального подхода к каждому обучающемуся, корректировки плана работы с группой.

 Периодический контроль проводится по окончании изучения каждой темы в виде представления практических результатов выполнения заданий. Конкретные проверочные задания разрабатывает педагог с учетом возможности проведения анализа процесса формирования компетенций. Периодический контроль проводится в виде педагогического анализа результатов анкетирования, тестирования, зачётов, опросов, выполнения учащимися диагностических заданий, участия обучающихся в мероприятиях (викторинах, соревнованиях). активности обучающихся на занятиях и т.п.

 Итоговый контроль проводится в виде педагогического анализа результатов выполнения учащимися диагностических заданий, участия обучающихся в мероприятиях (викторинах, соревнованиях), защиты проектов, решения задач поискового характера. Итоги реализации программы могут подводиться в виде итоговой аттестации следующих формах: защита индивидуального или группового проекта в виде публичного выступления, с демонстрацией проектной работы; соревнование; взаимооценка обучающимися работ друг друга. В процессе проведения итоговой аттестации оценивается результативность освоения программы.

**Критерии оценивания сформированности компетенций SoftSkills и HardSkill**

|  |  |
| --- | --- |
| Уровень  | Описание поведенческих проявлений  |
| 1 уровень - недостаточный  | Обучающийся не владеет навыком, не понимает его важности, не пытается его применять и развивать.  |
| 2 уровень – развивающийся  | Обучающийся находится в процессе освоения данного навыка. Обучающийся понимает важность освоения навыков, однако не всегда эффективно применяет его в практике.  |
| 3 уровень – опытный  | Обучающийся полностью освоил данный навык.  |
| пользователь  | Обучающийся эффективно применяет навык во всех стандартных, типовых ситуациях.  |
| 4 уровень – продвинутый пользователь  | Особо высокая степень развития навыка. Обучающийся способен применять навык в нестандартных ситуациях или ситуациях повышенной сложности.  |
| 5 уровень – мастерство  | Уровень развития навыка при котором обучающийся способен передавать остальным необходимые знания и навыки для освоения и развития данного навыка.  |

**Критерии оценивания проекта**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п/п  | Критерий  | Баллы (от 0 до 3)  |
| Оценка представленной работы: (тема)  |  |
| 1.  | Обоснование выбора темы. Соответствие содержания сформулированной теме, поставленным целям и задачам.  | 1. – не было обоснования темы, цель сформулирована нечетко, тема раскрыта не полностью
2. – был обоснован выбор темы, цель сформулирована нечетко, тема раскрыта не полностью
3. – было обоснование выбора темы, цель сформулирована в соответствии с темой, тема раскрыта полностью
 |
| 2.  | Рефлексия Владение рефлексией; социальное и прикладное значение полученных результатов  | 1. – нет выводов
2. – выводы по работе представлены неполно 2 – выводы полностью соответствуют теме и цели работы
 |
| Оценка выступления участников:  |  |
| 3.  | Качество публичного выступления, владение материалом  | 1 – участник читает текст 2 – участник допускает речевые и грамматические ошибки 3 – речь участника грамотная и безошибочная, хорошо владеет материалом  |
| 4.  | Качество представления продукта проекта.  | 1. – участники представляют продукт
2. – оригинальность представления продукта 3 – оригинальность представления и качество

выполнения продукта  |
| 5.  | Умение вести дискуссию, корректно защищать свои идеи, эрудиция докладчика  | 1. – не умеет вести дискуссию, слабо владеет материалом
2. – участник испытывает затруднения в умении отвечать на вопросы комиссии и слушателей 3 – участник умеет вести дискуссию.

Доказательно и корректно защищает свои идеи  |
| 6.  | Дополнительные баллы  | 0-3  |

**Критерии оценивания уровня освоения программы**

|  |  |
| --- | --- |
| Уровни освоения программы  | Результат  |
|   |  |
| Высокий уровень освоения программы  | Обучающиеся демонстрируют высокую заинтересованность в учебной, познавательной и творческой деятельности, составляющей содержание программы. На итоговом тестировании показывают отличное знание теоретического материала, практическое применение знаний воплощается в качественный продукт  |
| Средний уровень освоения программы  | Обучающиеся демонстрируют достаточную заинтересованность в учебной, познавательной и творческой деятельности, составляющей содержание программы. На итоговом тестировании показывают хорошее знание теоретического материала, практическое применение знаний воплощается в продукт, требующий незначительной доработки  |
| Низкий уровень освоения программы  | Обучающиеся демонстрируют низкий уровень заинтересованности в учебной, познавательной и творческой деятельности, составляющей содержание программы. На итоговом тестировании показывают недостаточное знание теоретического материала, практическая работа не соответствует требованиям   |

**Содержание программы**

**Раздел: «Основы изобретательства и инженерии».**

**Метод/форма:** лекция.

**Название:** «Основы изобретательства и инженерии».

**Кол-во часов/занятий:** 4/2.

**Soft Skills:** изобретательское и инженерное мышление.

**Раздел: «Аддитивные технологии».**

**Метод/форма:** лекция, демонстрация.

**Название:** «САПР. Двухмерное черчение».

**Кол-во часов/занятий:** 2/1.

**Hard Skills:** САПР, основы черчения.

 **Раздел: «Аддитивные технологии».**

**Метод/форма:** практическая работа.

**Название:** «Построение и печать 3D-модели. Деталь. Операция

“выдавливание”».

**Кол-во часов/занятий:** 2/1.

**Hard Skills:** создание 3D-моделей, печать на принтере.

**Раздел: «Аддитивные технологии».**

**Метод/форма:** практическая работа.

**Название:** «Сборка. Операция “вращение”».

**Кол-во часов/занятий:** 2/1.

**Hard Skills:** создание 3D-моделей, печать на принтере.

**Раздел: «Аддитивные технологии».**

**Метод/форма:** практическая работа.

**Название:** «Деталь. Вырезание».

**Кол-во часов/занятий:** 2/1.

**Hard Skills:** создание 3D-моделей, печать на принтере.

**Раздел: «Аддитивные технологии». Метод/форма:** кейс 1.

**Название:** «Колесо — изготовление шины».

**Кол-во часов/занятий**: 12/6.

**Hard Skills:** инженерное мышление, 3D-моделирование, умение использовать аддитивные технологии.

**Soft Skills:** основы ТРИЗ, навыки публичного выступления и презентации результатов, навык генерации идей.

**Раздел: «Лазерные технологии».**

**Метод/форма:** лекция.

**Название:** «Векторная графика». **Кол-во часов/занятий:** 4/2.

**Hard Skills:** векторная графика и 2D-моделирование.

**Soft Skills:** изобретательское и инженерное мышление.

**Раздел: «Лазерные технологии».**

**Метод/форма:** практическая работа. **Название:** «Лазер против материала». **Кол-во часов/занятий:** 4/2. **Hard Skills:** лазерные технологии и введение в материаловедение.

**Раздел: «Лазерные технологии». Метод/форма:** кейс 2.

**Название:** «Капсула жизни».

**Кол-во часов/занятий:** 16/8.

 **Hard Skills:** инженерное мышление, моделирование процессов, лазерные технологии.

**Soft** **Skills:** командная работа, работа в условиях ограничений, стрессоустойчивость.

**Раздел: «Фрезерные станки».**

**Метод/форма:** лекция, демонстрация.

**Название:** «Основы фрезерной обработки изделий».

**Кол-во часов/занятий:** 2/1.

**Hard Skills:** фрезерная обработка материалов, фрезы и их назначения.

**Soft Skills:** изобретательское и инженерное мышление.

**Раздел: «Фрезерные станки».**

**Метод/форма:** практическая работа.

**Название:** «Фрезерный раскрой изделий».

 **Кол-во часов/занятий:** 2/1.

**Hard Skills:** фрезерная обработка плоских поверхностей и раскрой изделия.

**Раздел: «Фрезерные станки».**

**Метод/форма:** практическая работа.

**Название:** «Технология гравировки на примере изготовления печатной платы».

**Кол-во часов/занятий:** 4/2.

**Hard Skills:** фрезерная обработка методом гравировки.

**Раздел: «Фрезерные станки». Метод/форма:** кейс 3.

**Название:** «Колесо — изготовление диска».

 **Кол-во часов/занятий:** 12/6.

**Hard Skills:** инженерное мышление, моделирование процессов, фрезерные технологии.

**Раздел: «Технологии работы с электронными компонентами».**

**Метод/форма:** демонстрация.

**Название:** «Основы пайки».

**Hard Skills:** технология ручной пайки.

 **Soft Skills:** изобретательское и инженерное мышление.

**Раздел: «Технологии работы с электронными компонентами».**

**Метод/форма:** практическая работа.

**Название:** «Пайка электронной сборки».

**Hard Skills:** технология ручной пайки.

**Раздел: «Технологии работы с электронными компонентами».**

**Метод/форма:** практическая работа.

 **Название:** «Распайка электронной сборки».

 **Hard Skills:** технология ручной пайки.

**Кейсы, которые входят в программу**

В рамках кейса «Колесо — изготовление шины» (12 ч.) обучающиеся исследуют существующие модели устройства колеса и его составной части — шины, выявляют ключевые параметры, а затем выполняют проектную задачу — конструируют поверхность для колеса с различными характеристиками и под различные поверхности.

Обучающиеся смогут собрать, разработать и создать собственное покрытие для колеса с заданными параметрами, распечатав на 3D-принтере нужный конструктив, и протестировать самостоятельно разработанное приспособление.

В ходе решения проблемы кейса обучающиеся выполняют следующие работы:

* анализ различных типов поверхностей и способов улучшения сцепления с шиной; • разработка своей концепции поверхности сцепления; • создание прототипа и проверка гипотезы; • анализ полученных данных; • модернизация прототипа;
* обсуждение и выявление лучшего решения.

В кейсе «Капсула жизни» (16 ч.) обучающиеся смогут закрепить знания о лазерных технологиях и решить проектную задачу — изготовление в условиях ограниченных ресурсов (материалов, времени и используемых технологий) капсулы безопасности, способной выполнять ряд тестовых заданий. На основе данного кейса или модифицированного задания возможна организация межкванторианского конкурса инженерной тематики с проведением по видеосвязи.

В кейсе «Колесо — изготовление диска» (12 ч.) разрабатывается диск колеса и отрабатываются навыки работы на фрезерном оборудовании.

В ходе решения проблемы кейса обучающиеся выполняют следующие работы:

* анализ различных типов колёс и способов крепления с осью;
* разработка своей концепции диска колеса, создание прототипа и проверка гипотезы;
* анализ полученных данных; • модернизация прототипа; • обсуждение и выявление лучшего решения.

В результате строятся выводы о технологии фрезерной обработки материалов и применимости этой технологии к разработке различных устройств; приходит понимание технологических особенностей производства.

**Кейс 1. «Колесо — изготовление шины»**

**Описание проблемной ситуации**

Колесо — самое простое из инженерных решений человечества.

Сцепление с землёй происходит только по подошве колёс, они выполняют роль поддерживающей системы для транспортного средства. При использовании колёс для различных транспортных средств необходимо обеспечивать их сцепление с землёй, что может быть достигнуто применением специализированного покрытия колёс. Как бы вы решили эту проблему?

Возможно ли разработать улучшенные параметры для каждого типа поверхности?

**Категория кейса:** вводный.

**Место кейса в структуре модуля:** базовый, мотивационный кейс. **Количество учебных часов:** кейс рассчитан на 12 ч./6 занятий.

**Занятие 1**

**Цель:** произвести постановку проблемной ситуации и осуществить поиск путей решения.

**Что делаем:** представление проблемной ситуации в виде физико-инженерного ограничения (отклик на существующую потребность). Анализ проблемной ситуации, генерация и обсуждение методов её решения и возможности достижения идеального конечного результата.

**Компетенции:** умение генерировать идеи указанными методами, слушать и слышать собеседника, аргументированно отстаивать свою точку зрения, искать информацию в свободных источниках и структурировать её. Умение комбинировать, видоизменять и улучшать идеи.

**Занятие 2**

**Цель:** проектирование модели изделия.

**Что делаем:** разработка и создание 3D-модели поверхности колеса для улучшенного сцепления с поверхностью. **Компетенции:** умение создавать ЗD-модели.

**Занятие 3**

 **Цель:** технологическая подготовка модели.

**Что делаем**: выявление технологических ограничений оборудования для получение более результативного итога.

**Компетенции:** знание основ материаловедения, аддитивных технологий.

**Занятие 4**

**Цель:** подготовить задание для печати.

**Что делаем:** импорт 3D-модели и выбор материала, расположение 3D-модели на рабочем столе принтера, создание и модификация поддержек, запуск 3D-принтера.

**Компетенции:** знание основ материаловедения, аддитивных технологий.

**Занятие 5**

**Цель:** печать изделия.

**Что делаем:** печать изделия. Контроль полученного результата. Постобработка изделия. **Компетенции:** владение аддитивными технологиями.

**Занятие 6**

**Цель:** выполнить подготовку к публичной демонстрации и защите результатов кейса.

**Что делаем:** подготовка выступления и презентации по итогам работы над кейсом.

Создание презентации. Рефлексия. Обсуждение результатов кейса.

**Компетенции:** владение навыками выступления; навыки работы в текстовом редакторе и программе для создания презентаций.

**Метод работы с кейсом:** метод проектов.

 **Минимально** **необходимый** **уровень** **входных** **компетенций:**

требования к минимальному уровню входных компетенций отсутствуют, за исключением знания персонального компьютера на уровне пользователя; основных физических понятий материального мира.

**Предполагаемые образовательные результаты обучающихся (артефакты,**

**решения), формируемые навыки (Soft Skills и Hard Skills)**

 В результате прохождения данного образовательного модуля

обучающийся должен знать следующие ключевые понятия: колесо, ось, тело вращение, поверхность сопряжения двух тел, площадь поверхности, шероховатость, упругость, объём геометрической фигуры, давление.

Прохождение данного образовательного модуля должно сформировать у обучающихся следующие компетенции, которые могут быть применены в ходе реализации последующих образовательных модулей:

* умение генерировать идеи;
* умение слушать и слышать собеседника;
* умение аргументированно отстаивать свою точку зрения;
* умение искать информацию в свободных источниках и структурировать её; • умение комбинировать, видоизменять и улучшать идеи; • навыки командной работы;
* умение грамотно письменно формулировать свои мысли;
* критическое мышление и умение объективно оценивать результаты своей работы;
* навыки публичных выступлений;
* основы работы в программах по 3D-моделированию;
* основы работы на оборудовании аддитивных технологий;
* основы слайсинга для создания поддержек и оптимизации размещения моделей на рабочих поверхностях устройств;
* основы материаловедения и особенностей различных поверхностей.

**Процедуры и формы выявления образовательного результата**

 Промежуточный контроль результата проектной деятельности

осуществляется по итогам выполнения групповых и индивидуальных заданий, а также по итогам самостоятельной работы участников команды.

Итоговый контроль состоит в публичной демонстрации результатов проектной деятельности перед экспертной комиссией с ответами на вопросы по содержанию проекта, методам решения и полученным инженерно-техническим и изобретательским результатам. Для оценивания продукта проектной деятельности необходимо разработать критерии оценивания.

**Необходимые расходные материалы и оборудование**

Для успешного выполнения кейса потребуется оборудование, материалы, программное обеспечение и условия. Количество единиц оборудования и материалов приведено из расчёта количественного состава группы

обучающихся (10 человек). Распределение комплектов оборудования и материалов — 1 комплект на 1 обучающегося:

* работа над кейсом должна производиться в хорошо освещённом, просторном, проветриваемом помещении;
* компьютер с монитором, клавиатурой и мышкой, на который установлено следующее программное обеспечение: программа для 3D-моделирования и программа для работы с 3D-принтером — 2 шт.;
* 3D-принтер учебный с принадлежностями — 2 шт.;
* ручной инструмент постобработки — 10 комплектов;
* комплект расходных материалов для 3D-принтера с изменяемой упругостью —

2 комплекта;

* компьютеры должны быть с доступом в интернет;
* презентационное оборудование (проектор с экраном/телевизор с большим экраном) с возможностью подключения к компьютеру (ноутбуку) — 1 комплект;
* флипчарт с комплектом листов/маркерная доска, соответствующий набор письменных принадлежностей — 1 шт.;
* каждый стол для работы над кейсом должен позволять разместить за одним компьютером одного обучающегося и предоставлять достаточно места для работы с компонентами создаваемого устройства.

В ходе работы предлагается следующее распределение участников в группе:

* участники работают все вместе в ходе обсуждения проблемной ситуации, рефлексии и подготовки к защите проекта;
* участники работают индивидуально в ходе проектирования, разработки и печати изделия и выполняют индивидуальные занятия.

**Кейс 2. «Капсула жизни»**

**Описание проблемной ситуации**

Система десантирования экипажа внутри боевой машины десанта на реактивнопарашютной тяге «Реактавр» получила своё название от слов «реактивный кентавр».

 «Кентавром» именовалась система снижения посредством парашютно-десантной платформы. Экипаж внутри боевой машины во время десантирования находился в специальных космических креслах. Эксперимент проводили на парашютодроме Тульского учебного центра 106-й гвардейской воздушно-десантной дивизии.

Никто и никогда прежде не выбрасывал с самолета боевую технику вместе с личным составом внутри. На тот момент техника ВДВ доставлялась на землю двумя способами: посредством парашютно-десантных платформ и парашютно-реактивных систем. Последние при приземлении за доли секунды гасили скорость снижения тяжёлых грузов и автоматически освобождали их от подвесных строп. Личный состав же опускался на парашютах отдельно.

Но для того, чтобы занять свои места в боевых машинах, в реальном бою экипажам иногда требуются минуты, которых враг может и не предоставить. Как выиграть время? Вывод прост: личный состав надо десантировать в самой технике!

 Началась разработка парашютно-реактивной системы. Работа, продолжавшаяся не один год, увенчалась успехом — такая система была создана! Так техника, в которой при десантировании было запрещено находиться из-за огромных перегрузок, несовместимых с жизнью, превратилась в «капсулы жизни», сохраняющие наших гвардейцев-десантников.

**Задача**

 Предлагается самостоятельно спроектировать прототип

исследовательского модуля для выполнения разведывательных задач на неизведанных территориях, который содержит «капсулу жизни». В качестве входных данных для проектирования предлагаются:

* максимально возможная сохранность «капсулы жизни» при выполнении всех тестовых заданий;
* геометрические размеры (длина/ширина/высота) объекта «капсула жизни» — не более 55/55/60 мм;
* использование не более 4 листов (600-300 мм) фанеры 4 мм; • способность проектируемого модуля выдерживать:
* падение на твёрдую поверхность с высоты не менее 0,5 м; • спуск по наклонной поверхности трамплинного блока;
* механическое воздействие не менее 10 кг; • перечень дополнительных требований к конструкции.

По завершении проектирования участникам необходимо изготовить прототип изделия, используя лазерный гравер для изготовления всех элементов и деталей разработанного модуля. Сборка разработанного изделия осуществляется на рабочем столе. Пазы в элементах изделия должны быть выполнены с помощью лазерной резки, обработка (изготовление) пазов другими способами (лобзик, напильник и т. п.) не допускается. Не допускается использование для соединения элементов изделия клея.

**Категория кейса:** вводный.

**Место кейса в структуре модуля:** базовый, мотивационный кейс.

Количество учебных часов/занятий, на которые рассчитан кейс: кейс рассчитан на 16 ч./8 занятий (может варьироваться в зависимости от уровня подготовки, условий и т. д.).

**Перечень и содержание занятий**

**Занятие 1**

**Цель:** произвести постановку проблемной ситуации и осуществить поиск путей решения.

**Что делаем:** представление проблемной ситуации в виде физико-инженерного ограничения (отклик на существующую потребность). Анализ проблемной ситуации, генерация и обсуждение методов её решения и возможности достижения идеального конечного результата.

**Компетенции:** умение генерировать идеи указанными методами, слушать и слышать собеседника, аргументированно отстаивать свою точку зрения, искать информацию в свободных источниках и структурировать её. Умение комбинировать, видоизменять и улучшать идеи.

**Занятие 2**

 **Цель: п**роектирование модели изделия.

**Что делаем:** разработка и создание 2D-модели диска с улучшенными свойствами.

Создание тела диска. Создание спиц диска.

**Компетенции:** 2D-моделирование.

**Занятие 3**

**Цель:** технологическая подготовка модели.

**Что делаем:** выявление технологических ограничений оборудования для получения более результативного итога. Подготовка заготовки.

 **Компетенции:** лазерные технологии.

**Занятие 4**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Цель:** изготовление заготовок на станке.  |  |  |
| **Что делаем:** изготовление разработанных материала на лазерном станке. **Компетенции:** лазерные технологии.  **Занятие 5 Цель:** сборка конструкции.  | элементов изделия  | из листового  |
| **Что** **делаем:** осуществляем сборку изготовленных элементов. **Компетенции:** ручная сборка изделий.  **Занятие 6 Цель:** предварительные тестовые испытания.  | разработанного  | изделия  | из  |

**Что делаем:** проводим подготовку и осуществление испытаний по падению на поверхность, спуску по наклонной поверхности и воздействию на изделие массой. **Компетенции:** проведение тестовых испытаний.

**Занятие 7**

**Цель:** модификация разработки.

**Что делаем:** исправление и модернизация разработки для улучшения показателей проведённых предварительных испытаний.

**Компетенции:** лазерные технологии, 2D-моделирование.

**Занятие 8**

**Цель:** выполнить подготовку к публичной демонстрации и защите результатов кейса; проведение показательных контрольных испытаний.

**Что делаем:** проведение контрольных показательных испытаний. Подготовка речи выступления и презентации по итогам работы над кейсом. Создание презентации. Рефлексия. Обсуждение результатов кейса.

**Компетенции:** проведение тестовых испытаний. Основы ораторского искусства. Опыт публичных выступлений. Основы работы в текстовом редакторе и программе для создания презентаций.

**Метод работы с кейсом:** конструирование, метод проектов, элементы ТРИЗ.

 **Минимально** **необходимый** **уровень** **входных** **компетенций:**

требования к минимальному уровню входных компетенций отсутствуют, за исключением знания персонального компьютера на уровне пользователя; основных физических понятий материального мира.

**Предполагаемые образовательные результаты обучающихся (артефакты,**

**решения), формируемые навыки (Soft Skills и Hard Skills)**

 В результате прохождения данного образовательного модуля

обучающийся должен знать следующие ключевые понятия: раскрой листового материала, листовой композитный материал, трение, упругость, давление, падение тела с наклонной поверхности, свободное падение, вращательное движение.

Прохождение данного образовательного модуля должно сформировать у обучающихся следующие компетенции. Все выработанные компетенции могут быть применены в ходе реализации последующих образовательных модулей:

* умение генерировать идеи указанными методами; • умение слушать и слышать собеседника;
* умение аргументированно отстаивать свою точку зрения;
* умение искать информацию в свободных источниках и структурировать её; • умение комбинировать, видоизменять и улучшать идеи; • навыки командной работы;
* критическое мышление и умение объективно оценивать результаты своей работы;
* основы ораторского искусства;
* проведение тестовых испытаний;
* основы работы в программах по 2D-моделированию; • основы работы на лазерном оборудовании;
* основы создания инженерных систем с заданными свойствами; • основы материаловедения.

**Процедуры и формы выявления образовательного результата**

 Промежуточный контроль результата проектной деятельности

осуществляется по итогам выполнения групповых и индивидуальных заданий, а также по итогам самостоятельной работы участников команды.

Итоговый контроль состоит в проведении контрольных показательных испытаний и в публичной демонстрации результатов проектной деятельности перед экспертной комиссией с ответами на вопросы по содержанию проекта, методам решения и полученным инженернотехническим и изобретательским результатам.

**Необходимые расходные материалы и оборудование**

Для успешного выполнения кейса потребуется следующее оборудование, материалы, программное обеспечение и условия. Количество единиц оборудования и материалов приведено из расчёта количественного состава группы обучающихся (10 человек).

Распределение комплектов оборудования и материалов — 1 комплект на 1 обучающегося:

* работа над кейсом должна производиться в хорошо освещённом, просторном,

 проветриваемом помещении; установка лазерной резки

оборудована обязательным вытяжным оборудованием;

* компьютер с монитором, клавиатурой и мышкой, на который установлено следующее программное обеспечение: программа для 2D-моделирования и программа для работы с лазерным оборудованием;
* лазерный станок с принадлежностями — 1 шт.;
* минимальный ручной инструмент постобработки — 10 комплектов;
* комплект расходных материалов для лазерных работ — 10 комплектов; • компьютеры должны быть с доступом в интернет;
* презентационное оборудование (проектор с экраном/телевизор с большим экраном) с

возможностью подключения к компьютеру (ноутбуку) — 1 комплект; • флипчарт с комплектом листов/маркерная доска, соответствующий набор письменных принадлежностей — 1 шт.;

* каждый стол для работы над кейсом должен позволять разместить за одним компьютером одного обучающегося и предоставлять достаточно места для работы с компонентами создаваемого устройства;
* оборудованная площадка для тестовых испытаний согласно заданиям.

В ходе работы предлагается следующее распределение участников в группе:

* участники работают все вместе в ходе обсуждения проблемной ситуации, рефлексии и подготовки к защите проекта;
* участники работают индивидуально или в командах по 2 человека в ходе проектирования, разработки и резки элементов изделия и выполняют индивидуальные занятия.

**Кейс 3. «Колесо — изготовление диска»**

**Описание проблемной ситуации**

Колесо — самое простое из инженерных решений человечества.

Колесо считается простейшим механизмом, когда оно насажено на зафиксированную или вращающуюся ось, которая проходит через его центр. Часто колесо устанавливается с целью обеспечить перемещение, в этом случае оно является частью транспортного средства, обеспечивая движение с большой эффективностью. Если ось соединена с двумя колёсами, то вращение колёс происходит так, как если бы они были одним телом.

Колёсная ось является одним из шести простейших механизмов. Она позволяет получить механическое преимущество (англ. Mechanical Advantage) путём увеличения приложенной силы за счёт крутящего момента. Передача этого момента осуществляется диском колеса.

Насколько просто изготовить данное изделие? Возможно ли объединить несколько функций в одном изделии? Возможно ли разработать улучшения или новые свойства, которые приведут к существенным улучшениям, или использовать изделия в новых устройствах?

**Категория кейса:** вводный.

**Место кейса в структуре модуля:** базовый, мотивационный кейс.

**Количество учебных часов/занятий, на которые рассчитан кейс:** кейс рассчитан на

12 ч./6 занятий (может варьироваться в зависимости от уровня подготовки, условий и т. д.).

**Перечень и содержание занятий**

**Занятие 1**

**Цель:** произвести постановку проблемной ситуации и осуществить поиск путей решения.

**Что делаем:** представление проблемной ситуации в виде физико-инженерного ограничения (отклик на существующую потребность). Анализ проблемной ситуации, генерация и обсуждение методов её решения и возможности достижения идеального конечного результата.

**Компетенции:** умение генерировать идеи указанными методами, слушать и слышать собеседника, аргументированно отстаивать свою точку зрения, искать информацию в свободных источниках и структурировать её. Умение комбинировать, видоизменять и улучшать идеи.

**Занятие 2**

**Цель:** проектирование модели изделия.

**Что делаем:** разработка и создание 3D-модели диска с улучшенными свойствами.

Создание тела диска. Создание спиц диска.

**Компетенции**: ЗD-моделирование.

**Занятие 3**

**Цель:** технологическая подготовка модели.

**Что делаем:** выявление технологических ограничений оборудования для получение более результативного итога. Создание лицевой части диска. Создание задней части диска.

**Компетенции:** фрезерные технологии. З

**Занятие 4**

 **Цель:** подготовка программ для станка.

**Что делаем:** подготовка программ для станка. Расположение моделей в заготовке.

Создание управляющих программ. Сохранение управляющих программ.

**Компетенции:** фрезерные технологии.

**Занятие 5**

**Цель:** обработка изделия на станке.

**Что делаем**: обработка двух деталей. Изготовление кондуктора.

Обработка деталей полученного результата. Постобработка изделия.

 **Компетенции**: фрезерные технологии.

**Занятие 6**

**Цел**ь: выполнить подготовку к публичной демонстрации и защите результатов кейса.

**Что делаем**: подготовка речи выступления и презентации по итогам работы над кейсом.

Создание презентации. Рефлексия. Обсуждение результатов кейса.

**Компетенции**: основы ораторского искусства. Опыт публичных выступлений. Основы работы в текстовом редакторе и программе для создания презентаций.

Метод работы с кейсом: метод проектов, элементы ТРИЗ.

Минимально необходимый уровень входных компетенций: требования к минимальному уровню входных компетенций отсутствуют, за исключением знания персонального компьютера на уровне пользователя; основных физических понятий материального мира.

*Предполагаемые образовательные результаты обучающихся (артефакты, решения), формируемые навыки (Soft Skills и Hard Skills)*

 В результате прохождения данного образовательного модуля

обучающийся должен знать следующие ключевые понятия: диск колеса, ось, тело вращение, распределение массы тела, упругость, момент вращения, давление. Прохождение данного образовательного модуля должно сформировать у обучающихся следующие компетенции. Все выработанные компетенции могут быть применены в ходе реализации последующих образовательных модулей:

* умение генерировать идеи указанными методами; • умение слушать и слышать собеседника;
* умение аргументированно отстаивать свою точку зрения;
* умение искать информацию в свободных источниках и структурировать её;
* умение комбинировать, видоизменять и улучшать идеи; • навыки командной работы;
* умение грамотно письменно формулировать свои мысли;
* критическое мышление и умение объективно оценивать результаты своей работы;
* основы ораторского искусства;
* основы работы в программах по 3D-моделированию; • основы работы на фрезерном оборудовании;
* основы создания и использования кондуктора; • основы материаловедения.

*Процедуры и формы выявления образовательного результата*

Промежуточный контроль результата проектной деятельности

осуществляется по итогам выполнения групповых и индивидуальных заданий, а также по итогам самостоятельной работы участников команды.

Итоговый контроль состоит в публичной демонстрации результатов проектной деятельности перед экспертной комиссией с ответами на вопросы по содержанию проекта, методам решения и полученным инженерно-техническим и изобретательским результатам.

*Необходимые расходные материалы и оборудование*

Для успешного выполнения кейса потребуется следующее оборудование, материалы, программное обеспечение и условия. Количество единиц оборудования и материалов приведено из расчёта количественного состава группы обучающихся (10 человек).

Распределение комплектов оборудования и материалов — 1 комплект на 1 обучающегося:

* работа над кейсом должна производиться в хорошо освещённом, просторном, проветриваемом помещении;
* компьютер с монитором, клавиатурой и мышкой, на который установлено следующее программное обеспечение: про- 58 грамма для 3D-моделирования и программа для работы с фрезерными станками;
* учебный фрезер с принадлежностями — 2 шт.;
* ручной инструмент постобработки — 10 комплектов;
* комплект расходныхматериалов для фрезерныхработ —10 комплектов; • компьютеры должны быть с доступом в интернет;
* презентационное оборудование (проектор с экраном/телевизор с большим экраном) с возможностью подключения к компьютеру (ноутбуку) — 1 комплект;
* флипчарт с комплектом листов/маркерная доска, соответствующий набор письменных принадлежностей — 1 шт.;
* каждый стол для работы над кейсом должен позволять разместить за одним компьютером одного обучающегося и предоставлять достаточно места для работы с компонентами создаваемого устройства.

В ходе работы предлагается следующее распределение участников в группе:

* участники работают все вместе в ходе обсуждения проблемной ситуации, рефлексии и подготовки к защите проекта;
* участники работают индивидуально в ходе проектирования, разработки и фрезерования изделия и выполняют индивидуальные задания.

**Условия реализации программы**

Программа реализуется на базе школьного детского технопарка «Кванториум». Помещение - учебный кабинет (квантум), должен быть оформлен в соответствии с профилем проводимых занятий и оборудованный в соответствии с санитарными нормами.

**Литература и методические материалы**

*Для преподавателей*

**Изобретательство и инженерия**

1. Альтшуллер Г.С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач. — Новосибирск: Наука, 1986.
2. Иванов Г.И. Формулы творчества, или Как научиться изобретать: кн. для учащихся ст.

классов. — М.: Просвещение, 1994.

1. Диксон Дж. Проектирование систем: изобретательство, анализ и принятие решений:

пер. с англ. — М.: Мир, 1969. John R. Dixon. Design Engineering: Inventiveness, Analysis and Decision Making. McGraw-Hill Book Company. New York. St. Louis. San Francisco. Toronto. London. Sydney. 1966.

1. Альтшуллер Г.С., Верткин И.М. Как стать гением: жизн. стратегия творч. личности. — Мн: Белорусь, 1994.
2. Альтшуллер Г.С. Алгоритм изобретения. — М: Московский рабочий, 1969.
3. Негодаев И.А. Философия техники: учебн. пособие. — Ростов-на-Дону: Центр ДГТУ, 1997.

**3D-моделирование и САПР**

1. Виноградов В.Н., Ботвинников А.Д., Вишнепольский И.С. Черчение. Учебник для общеобразовательных учреждений. — М.: Астрель, 2009.
2. Ройтман И.А., Владимиров Я.В. Черчение. Учебное пособие для учащихся 9 класса общеобразовательных учреждений. — Смоленск, 2000.
3. Герасимов А.А. Самоучитель КОМПАС-3D V9. Трёхмерное проектирование. — 400 с.
4. Прахов А.А. Самоучитель Blender 2.7. — СПб.: БХВ-Петербург, 2016. — 400 с.
5. Компьютерный инжиниринг: учеб. пособие / А.И. Боровков [и др.]. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. — 93 с.
6. Малюх В.Н. Введение в современные САПР: курс лекций. — М.: ДМК Пресс, 2010. —

192 с.

**Аддитивные технологии** 1. Уик Ч. Обработка металлов без снятия стружки. — М.: Издво «Мир», 1965. — 549 с.

1. Wohlers T., Wohlers report 2014: Additivemanufacturingand 3D-printingstateoftheindustry: Annualworldwideprogressreport, Wohlers Associates, 2014.
2. Printing for Science, Education and Sustainable Development. Э. Кэнесс, К. Фонда, М. Дзеннаро, CC AttributionNonCommercialShareAlike, 2013.

**Лазерные технологии**

1. Астапчик С.А., Голубев В.С., Маклаков А.Г. Лазерные технологии в машиностроении и металлообработке. — Белорусская наука.
2. Colin E. Webb, Julian D.C. Jones. Handbook of Laser Technology And Applications (Справочник по лазерным технологиям и их применению) book 1-2 — IOP.
3. Steen Wlliam M. Laser Material Processing. — 2nd edition. — Great Britain: SpringerVerlag.
4. Вейко В.П., Петров А.А. Опорный конспект лекций по курсу

«Лазерные технологии». Раздел: Введение в лазерные технологии. — СПб: СПбГУ ИТМО, 2009 — 143 с.

1. Вейко В.П., Либенсон М.Н., Червяков Г.Г., Яковлев Е.Б.

Взаимодействие лазерного излучения с веществом. — М.: Физматлит, 2008.

**Фрезерные технологии**

1. Рябов С.А. (2006) Современные фрезерные станки и их оснастка: учебное пособие.
2. Корытный Д.М. (1963) Фрезы.
3. Современные тенденции развития и основы эффективной эксплуатации обрабатывающих станков с ЧПУ / Чуваков А.Б. — Нижний Новгород: НГТУ, 2013.

**Пайка и работа с электронными компонентами**

1. Максимихин М.А. Пайка металлов в приборостроении. — Л.: Центральное бюро технической информации, 1959.
2. Петрунин И.Е. Физико-химические процессы при пайке. — М.: Высшая школа, 1972.
3. Дистанционные и очные курсы, MOOC, видеоуроки, вебинары, онлайн-мастерские, онлайн-квесты и т. д.

**Моделирование**

Три основных урока по «Компасу» • <https://youtu.be/dkwNj8Wa3YU>

* <https://youtu.be/KbSuL_rbEsI>
* https://youtu.be/241IDY5p3W VR rendering with Blender — VR viewing with VRAIS. https:// www.youtube.com/watch?v=SMhGEu9LmYw — одно из многочисленных видео по бесплатному ПО Blender.

**Лазерные технологии**

1. <https://ru.coursera.org/learn/vveedenie-v-lasernietehnologii/lecture/CDO8P>/vviedieniiev-laziernyietiekhnologhii — введение в лазерные технологии.
2. https://www.youtube.com/watch?v=ulKriq-Eds8 — лазерные технологии в

промышленности.

**Аддитивные технологии**

1. https://habrahabr.ru/post/196182/ — короткая и занимательная статья с «Хабрахабр» о том, как нужно подготавливать модель.
2. https://solidoodletips.wordpress.com/2012/12/07/ slicershootout-pt-4/ — здесь можно посмотреть сравнение работы разных слайсеров. Страница на английском, но тут всё понятно и без слов.
3. https://www.youtube.com/watch?v=jTd3JGenCco — аддитивные технологии.
4. https://www.youtube.com/watch?v=vAH\_Dhv3I70 — Промышленные 3Dпринтеры. Лазеры в аддитивных технологиях.
5. https://www.youtube.com/watch?v=zB202Z0afZA — печать ФДМ-принтера.
6. https://www.youtube.com/watch?v=h2lm6FuaAWI — как создать эффект лакированной поверхности.
7. https://www.youtube.com/watch?v=g0TGL6Cb2KY — как сделать поверхность привлекательной
8. https://www.youtube.com/watch?v=yAENmlubXqA — работа с 3D-ручкой.

**Станки с ЧПУ**

1. https://www.youtube.com/watch?v=cPlotOSm3P8 — прессформы.

Фрезеровка металла. Станок с ЧПУ по металлу.

1. https://www.youtube.com/watch?v=B8a9N2Vjv4I — как делают пресс формы.

Пресс-форма — сложное устройство для получения изделий различной конфигурации из металлов, пластмасс, резины и других материалов под действием давления, создаваемого на литьевых машинах. Пресс-форма для литья пластмасс под давлением.

1. https://www.youtube.com/watch?v=paaQKRuNplA — кошмары ЧПУ.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  4. https://www.youtube.com/watch?v=PSe1bZuGEok современного станка с ЧПУ.  **Пайка**  | —  | Работа  |

http://electrik.info/main/master/90-pajka-prostye-sovety.html — пайка: очень простые советы. Пайка, флюсы, припои и о том, как работать паяльником. Какой паяльник использовать, какие бывают флюсы и припои? И немного о том, что такое паяльная станция...

**Web-ресурсы: тематические сайты, репозитории 3D-моделей** • https://3ddd.ru • [https://www.turbosquid.com](https://www.turbosquid.com/)

* [https://free3d.com](https://free3d.com/)
* [http://www.3dmodels.ru](http://www.3dmodels.ru/)
* https://www.archive3d.net **Для обучающихся**

**Изобретательство и инженерия**

1. Альтшуллер Г.С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач. — Новосибирск: Наука, 1986.
2. Иванов Г.И. Формулы творчества, или Как научиться изобретать: кн. для учащихся ст. классов. — М.: Просвещение, 1994.
3. Диксон Дж. Проектирование систем: изобретательство, анализ и принятие решений: пер. с англ. — М.: Мир, 1969.
4. John R. Dixon. Design Engineering: Inventiveness, Analysis and Decision Making. McGraw — Hill Book Company. New York. St. Louis. San Francisco. Toronto. London.

Sydney. 1966.

1. Альтшуллер Г.С., Верткин И.М. Как стать гением: жизн. стратегия творч.

личности. — Мн: Белорусь, 1994.

1. Альтшуллер Г.С. Алгоритм изобретения. — М: Московский рабочий, 1969.
2. Негодаев И.А. Философия техники: учебн. пособие. — Ростов-на-Дону: Центр ДГТУ, 1997.

**3D-моделирование и САПР**

1. Виноградов В.Н., Ботвинников А.Д., Вишнепольский И.С. Черчение. Учебник для общеобразовательных учреждений. — М.: Астрель, 2009.
2. Ройтман И.А., Владимиров Я.В. Черчение. Учебное пособие для учащихся 9 класса общеобразовательных учреждений. — Смоленск, 2000.
3. Герасимов А.А. Самоучитель КОМПАС-3D V9. Трёхмерное проектирование. — 400 с.
4. Прахов А.А. Самоучитель Blender 2.7. — СПб.: БХВ-Петербург, 2016. — 400 с.
5. Компьютерный инжиниринг: учеб. пособие / А.И. Боровков [и др.]. — СПб.: Издво Политехн. ун-та, 2012. — 93 с. 6. Малюх В.Н. Введение в современные САПР: курс лекций. — М.: ДМК Пресс, 2010.

— 192 с.

**Аддитивные технологии**

1. Уик Ч. Обработка металлов без снятия стружки. — М.: Издво «Мир», 1965. — 549 с.
2. Wohlers T., Wohlers report 2014: Additivemanufacturingand 3Dprintingstateoftheindustry: Annualworldwideprogressreport, Wohlers Associates, 2014.

**Лазерные технологии**

1. Астапчик С.А., Голубев В.С., Маклаков А.Г. Лазерные технологии в машиностроении и металлообработке. — Белорусская наука.
2. Colin E. Webb, Julian D.C. Jones. Handbook of Laser Technology And

Applications (Справочник по лазерным технологиям и их применению) book 1-2 — IOP.

1. Steen Wlliam M. Laser Material Processing. — 2nd edition. — Great Britain: SpringerVerlag.
2. Вейко В.П., Петров А.А. Опорный конспект лекций по курсу

«Лазерные технологии». Раздел: Введение в лазерные технологии. — СПб: СПбГУ ИТМО, 2009 — 143 с.

1. Вейко В.П., Либенсон М.Н., Червяков Г.Г., Яковлев Е.Б.

Взаимодействие лазерного излучения с веществом. — М.: Физматлит, 2008.

**Фрезерные технологии**

1. Рябов С.А. (2006) Современные фрезерные станки и их оснастка: учебное пособие. 2. Корытный Д.М. (1963) Фрезы.

**Пайка и работа с электронными компонентами**

1. Максимихин М.А. Пайка металлов в приборостроении. — Л.: Центральное бюро технической информации, 1959.
2. Дистанционные и очные курсы, MOOC, видеоуроки, вебинары, онлайн-мастерские, онлайн-квесты и т. д.

**Лазерные технологии**

1. <https://ru.coursera.org/learn/vveedenie-v-lasernietehnologii/lecture/CDO8P>/vviedieniiev-laziernyietiekhnologhii — введение в лазерные технологии.
2. https://www.youtube.com/watch?v=ulKriq-Eds8 — лазерные технологии в

промышленности.

**Аддитивные технологии**

1. https://habrahabr.ru/post/196182/ — короткая и занимательная статья с «Хабрахабр» о том, как нужно подготавливать модель.
2. https://solidoodletips.wordpress.com/2012/12/07/ slicershootout-pt-4/ — здесь можно посмотреть сравнение работы разных слайсеров. Страница на английском, но тут всё понятно и без слов.
3. https://www.youtube.com/watch?v=jTd3JGenCco — аддитивные технологии.

1. https://www.youtube.com/watch?v=vAH\_Dhv3I70 — Промышленные 3Dпринтеры. Лазеры в аддитивных технологиях.
2. https://www.youtube.com/watch?v=zB202Z0afZA — печать ФДМ-принтера.
3. https://www.youtube.com/watch?v=h2lm6FuaAWI — как создать эффект лакированной поверхности.
4. https://www.youtube.com/watch?v=g0TGL6Cb2KY — как сделать поверхность привлекательной
5. https://www.youtube.com/watch?v=yAENmlubXqA — работа с 3D-ручкой.

**Станки с ЧПУ**

1. https://www.youtube.com/watch?v=cPlotOSm3P8 — пресс-формы.

Фрезеровка металла. Станок с ЧПУ по металлу.

1. https://www.youtube.com/watch?v=B8a9N2Vjv4I — как делают пресс формы.

Пресс-форма — сложное устройство для получения изделий различной конфигурации из металлов, пластмасс, резины и других материалов под действием давления, создаваемого на литьевых машинах. Пресс-форма для литья пластмасс под давлением.

1. https://www.youtube.com/watch?v=paaQKRuNplA — кошмары ЧПУ.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  4. https://www.youtube.com/watch?v=PSe1bZuGEok современного станка с ЧПУ.  **Пайка**  | —  | Работа  |

http://electrik.info/main/master/90-pajka-prostye-sovety.html — пайка: очень простые советы. Пайка, флюсы, припои и о том, как работать паяльником. Какой паяльник использовать, какие бывают флюсы и припои? И немного о том, что такое паяльная станция...

 **Web-ресурсы:** **тематические** **сайты,** **репозитории** **3D-моделей**

https://3ddd.ru