Государственное бюджетное учреждение дополнительного образования
центр детского (юношеского) технического творчества
Красногвардейского района Санкт-Петербурга
«Охта»

ПРИНЯТА
на педагогическом совете
ГБУ ДО ЦДЮТТ «Охта»
Протокол №3 от 26.05.2026

УТВЕРЖДЕНА

Приказом №269.1 от 27.05.2026
Директор ГБУ ДО ЦДЮТТ «Охта»
Л. Иванова

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Владелец **Иванова Наталья Леонидовна**
Действителен с17.04.2026 по 11.07.2027

Дополнительная общеразвивающая программа

«ИННОВАЦИОННАЯ ЛАБОРАТОРИЯ: РАЗВИТИЕ ИНЖЕНЕРНОГО МЫШЛЕНИЯ»

Возраст обучающихся: 12-17 лет.
Срок реализации: 2 года.

Разработчик:
Карзин Виталий Валерьевич,
педагог дополнительного образования

Санкт-Петербург

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дополнительная общеразвивающая программа «Инновационная лаборатория: развитие инженерного мышления» (далее - Программа) относится к ***технической направленности,*** имеет ***базовый*** уровень освоения.

Программа является логическим продолжением ДООП «InnoLab – инновационная лаборатория», которая показала высокую эффективность подготовки обучающихся к конкурсам научно-технической и инженерной направленностей. Стремительное развитие изучаемых технологий промышленного комплекса требует создания новой Программы с модифицированной тематикой занятий и увеличенным временем этих занятий.

Программа разработана в соответствии с государственной образовательной политикой и современными нормативными документами в сфере образования.

Актуальность Программы

Стремительное повышение роли научно-инженерных профессий в современном российской обществе, как залог обеспечения технологического прорыва и становления цифровой экономики, в значительной степени требуют перестройки установившихся подходов в дополнительном образовании. Современное российское государство, интенсивно поддерживает популяризацию инструментов развития мышления подрастающего поколения. Эта Программа направлена на создание условий для эффективного личностного развития учащихся, их предпрофессионального самоопределения, на удовлетворение индивидуальных потребностей учащихся в интеллектуальном развитии, в занятиях научно-техническим творчеством, а также подготовки наукоемких проектов для участия в конкурсах соответствующей направленности. В рамках Программы созданы условия для быстрого и качественного освоения передовых технологий промышленного производства, в том числе научно-производственных мастерских по трехмерному моделированию и прототипированию, а также комплекса инженерных технологий. Особое внимание уделяется проектной деятельности учащихся.

Учащимся предлагается освоение современных технологий (3D-моделирование и прототипирование, 3D-печать, 3D-сканирование, ЧПУ-системы и т.д.) как актуальных и интересных среди молодёжи ресурсов, которые позволят им применять полученные знания и навыки, как в учебных, так и в личных целях. Учащиеся знакомятся с основами коммерциализации результатов инженерной и научной видов деятельности. Это позволяет учащимся не только создавать ресурсоемкие проекты, но и находить для них дальнейшее развитие в различных бизнес-инкубаторах и центрах поддержки предпринимательства.

Отличительные особенности Программы

Особенностью обучения по Программе является, прежде всего, изучение и использование на практике новейшего технологического оборудования и программного обеспечения. Занятия проходят в «Инновационной лаборатории» (далее по тексту – «ИнноЛаб»), оснащенной современным промышленным высокотехнологичным оборудованием.

Обучение по программе позволяет учащимся принимать участие в чемпионате WorldSkills Russia Junior, а также в любых других конкурсах и фестивалях научно-инженерной направленности.

В ходе образовательного процесса с периодичностью раз в два месяца педагог вместе с учащимися посещает крупные производственные предприятия Санкт-Петербурга (производство пластмассовых изделий, радиоэлектронной техники и т.п.). Цель данных экскурсий – максимально наглядно продемонстрировать учащимся возможности современной техники, познакомить с профессиональной средой. Изучить работу бизнес-инкубаторов.

Содержание занятий выстроено так, чтобы, при всей сложности материла, учащиеся могли максимально эффективно воспринимать информацию и выполнять на практике поставленные задачи.

Адресат Программы

Программа адресована учащимся в возрасте 12-17 лет, желающим заниматься техническим, инженерным и научным видами творчества. Именно в этом возрастном диапазоне происходит формирование активного интереса к будущей профессии. Базовые знания по направлению программы не требуются, но приветствуется мотивация и заинтересованность изучением данной предметной области.

Объем и срок реализации Программы

Программа рассчитана на 2 года обучения, 432 учебных часов. На первом году обучения 216 часов, на втором году обучения – 216 часов.

Образовательный процесс строится с учётом Постановления Главного санитарного врача РФ от 2 июня 2026 г. N 19; СП 2.4.2.4283-26 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи».

Цель Программы – формирование инженерных предпрофессиональных навыков и создание условий для начального профессионального самоопределения в области современных технологий промышленного производства и наукоемкого предпринимательства. Профориентационные мероприятия включают знакомство учащихся с интерактивной системой «Навигатор профессий», что позволяет иметь постоянный доступ к актуальной базе современных профессий.

Задачи

Обучающие*:*

- познакомить с базовыми принципами современных технологий промышленного производства и коммерциализации результатов научно-инженерной деятельности;
- познакомить с основной терминологией технологических процессов;
- познакомить с современными компьютеризированными системами, применяемыми в современных технологических процессах;
- познакомить с технологией совмещения работы сложных автоматизированных систем;
- научить базовым принципам работы автоматизированных систем с числовым программным управлением (далее по тексту ЧПУ), основам программирования станков с ЧПУ и другой техники;
- научить базовым принципам 3D-моделирования и прототипирования, принципам и основным технологиям 3D-печати на 3D-принтере;
- познакомить с принципами работы автоматических систем вакуумного литья при помощи технологического оборудования;
- научить пользоваться демонстрационным оборудованием;
- научить основам проектной деятельности и публичных выступлений;
- познакомить со спецификой различных инженерных специальностей.

Развивающие:

- развить конструкторские навыки, последовательное логическое и автономное рациональное мышление;
- развить инженерное мышление, творческие способности, пространственное воображение учащихся;
- развить стремление к самообразованию;
- развить самостоятельность и инициативность, способность слаженно работать в коллективе.

Воспитательные*:*

- воспитать активную жизненную позицию, приобщить учащихся к общечеловеческим ценностям;
- воспитать чувство личной ответственности за порученное дело, чувство пунктуальности у учащихся;
- сформировать коммуникативные способности учащихся;
- сформировать навыки здорового образа жизни;
- воспитать чувство патриотизма через знакомство с достижениями отечественного промышленного производства.

Условия реализации Программы

На 1 год обучения принимаются учащиеся в возрасте 12-17 лет без специальных знаний, склонные к техническому творчеству, научно-исследовательской и инженерной деятельности.

Группы 2 года обучения формируются из учащихся, освоивших программу 1 года обучения. Также возможен дополнительный прием по результатам собеседования учащихся, имеющих опыт научно-исследовательской и инженерной видов деятельности, ранее не занимавшихся по данной Программе.

Для успешной работы объединения каждую отдельную группу целесообразно комплектовать из учащихся с одинаковым уровнем знаний, навыков и умений. *Норма наполняемости групп*: 1 год обучения – не менее 12 учащихся; 2 год обучения – не менее 10 учащихся. Количество учащихся в группе определяется по количеству рабочих мест в кабинете для занятий.

Для успешного освоения Программы материал излагается в зависимости от индивидуального уровня знаний учащихся с последующим углублением изложения материала темы. В результате учебный процесс представляет собой последовательно усложняющиеся этапы, каждый из которых является логическим завершением предыдущего.

Формы проведения занятий: лекция (теория), практическая работа, соревнования, защита проектов. Основной формой занятий при реализации Программы являются комбинированные занятия. Занятия состоят из теоретической и практической частей, большее количество времени занимает практическая часть.

Возможность реализации программы с использованием дистанционных технологий и электронного обучения, внеаудиторная работа.

Формы организации деятельности учащихся на занятиях: фронтальная, групповая, индивидуальная.

При объяснении новой темы педагог работает со всеми учащимися одновременно. При этом учитывается разный уровень знаний и навыков учащихся. На занятиях создается атмосфера сотрудничества, пропадает скованность учащихся, появляется коллективный интерес. При закреплении знаний по теме каждый учащийся или пара учащихся работает со своей моделью. При этом они на практике применяют полученные знания, а в случае появления затруднений, имеют возможность общаться между собой, коллективно их преодолевают.

Материально-техническое оснащение

- Учебный кабинет, отвечающий требованиям СанПиН
- Рабочее место педагога
- Столы, стулья для учащихся
- Стеллажи
- Комплекс необходимого оборудования

Наименование	*Количество*
Мультимедиа проектор Acer X1273	1
3D-принтер Picaso	2
Аппарат контактной сварки Orion 150s Micro Pulse	1

Муфельная печь «МИТЕРМ – 8»	1
Индукционная печь (до 1600 градусов Цельсия)	1
Защитный противопожарный костюм	1
Станок гравировально-фрезерный с ЧПУ «MAX-7»	1
3D-сканер 3DSystems	1
Комплект пластика для печати	25
Печь плавильная индукционная УПИ-60-2	1
Литьевая вакуумная машина с вибростолом	1
Инжектор для воска 1,5 л с ручным насосом	1
Лазерный станок Rabbit HX-1290 SE	1
Набор профессиональных фрез для ЧПУ станков	1
Ноутбук ASUS K551LN	10
Мышь Genius	15
Программа RhinoCeros 5.0	10
Программа ArtCam 2014	3
Трех осевой фрезерный станок с ЧПУ (поле 400x600x200)	1
Токарный станок с ЧПУ	1
Демонстрационное оборудование (проектор, интерактивная доска, экран для проектора)	1

Планируемые результаты освоения Программы

По итогам освоения образовательной Программы учащиеся достигнут следующих образовательных результатов:

Личностные результаты:

- сформировано личностное и предпрофессиональное самоопределение, стремление к самообразованию;
- развита активная жизненная позиция;
- развито чувство личной ответственности за порученное дело, чувство пунктуальности;
- сформирован высокий уровень развития творческих способностей, пространственного воображения;
- развиты конструкторские навыки и инженерное мышление;
- развито последовательное логическое и автономное рациональное мышление;
- сформировано чувство патриотизма через знакомство с достижениями отечественного промышленного производства.

Метапредметные результаты:

- развита самостоятельность и инициативность, познавательная активность и способность к самообразованию;
- развиты коммуникативные способности, способность слаженно работать в коллективе;
- развито умение выбирать целевые и смысловые установки для своих действий и поступков;
- сформировано умение анализировать и отбирать необходимую информацию.

Предметные результаты:

- сформированы знания по основной терминологии технологических процессов;
- сформированы знания базовых принципов современных технологий промышленного производства, технологии совмещения работы сложных автоматизированных систем;
- сформированы знания по компьютерным системам, применяемым в технологической области различных производств;

- сформированы знания базовых принципов работы автоматизированных систем с ЧПУ, основ программирования станков с ЧПУ и другой техники;
- освоено умение осуществлять 3D-моделирование и прототипирование, применять основные технологии 3D-печати на 3D-принтере, применять 3D-сканер и станок лазерной резки;
- освоено умение создавать и представлять собственные проекты, использовать демонстрационное оборудование;
- сформирован опыт работы с автоматизированными системами вакуумного литья.

УЧЕБНЫЙ ПЛАН
1 год обучения

№	Тема	Количество часов			Формы контроля
		Всего	Теория	Практика	
1	Введение. Инструктаж по охране труда	6	3	3	Опрос
2	Современный промышленный комплекс. Базовые понятия и технологии	12	3	9	Практическое задание, опрос
3	Техника с ЧПУ. История создания. Основные виды и классификация. Сферы применения	12	6	6	Практическое задание, опрос
4	Пространственная ориентация объектов. Прямоугольная система координат	12	6	6	Практическое задание, опрос
5	Обрабатывающий инструмент и способы его изготовления	12	3	9	Практическое задание, технический зачет по изделию, тест
6	Программное обеспечение для работы с техникой с ЧПУ. Основы 3D-моделирования	24	3	21	Практическое задание, тест
7	Программное обеспечение для прототипирования. Техника 3D-моделирования	24	6	18	Практическое задание, опрос
8	Способы обработки металлов, пластиков, дерева	12	3	9	Практическое задание, опрос
9	Понятие G-cod. Создание G-cod	15	6	9	Практическое задание, опрос
10	Комплексный подход. Создание сложных G-cod путем совмещения нескольких УП	18	6	12	Практическое задание, опрос
11	Аддитивные технологии. История создания 3D-принтера. Классификация 3D-принтеров	6	3	3	Практическое задание, опрос
12	Программное обеспечение для работы с технологией 3D-печати. Сферы применение 3D-принтеров.	9	3	6	Практическое задание, контрольное задание
13	Совмещение технологий изготовления изделий на 3D-принтере с последующей обработкой на станке с ЧПУ	9	3	6	Практическое задание, опрос, готовое изделие
14	Абразивные материалы. Методы черновой обработки и финишной доработки изделий	9	3	6	Практическое задание, опрос
15	Проектная деятельность. Выбор темы. Правила публичных выступлений. Понятие коммерциализации	33	12	21	Защита проекта
16	Итоговое занятие	3	2	1	Тесты, решение задач
Итого		**216**	**71**	**145**	

УЧЕБНЫЙ ПЛАН
2 год обучения

№	Тема	Количество часов			Формы контроля
		Всего	Теория	Практика	
1	Вводное занятие. Инструктаж по охране труда	3	2	1	Опрос, практическое задание
2	Основные технические устройства, обеспечивающие безопасность работы в «ИнноЛаб»	3	2	1	Практическое задание, опрос
3	Способы быстрой визуализации, прототипирования и виртуализации	6	3	3	Практическое задание, технический зачет по изготовлению изделия, опрос
4	Техническое устройство 3D-сканера. Принципы работы	18	6	12	Практическое задание, опрос
5	Определение положения объекта в пространстве. Сферическая система координат	9	3	6	Практическое задание, тест
6	Программное обеспечение для работы с 3D-сканером. Обработка результатов 3D-сканирования	15	6	9	Практическое задание, тест
7	Основы материаловедения: конструкционные материалы	18	6	12	Практическое задание, опрос
8	Способы определения характеристик материалов	9	3	6	Практическое задание, опрос
9	Методы обработки металлов, пластика, дерева	15	3	12	Практическое задание, опрос
10	Литейное дело. Сферы применения. Основные технологии	9	3	6	Практическое задание, технический зачет по изготовлению изделия, опрос
11	Технология литья металлов	18	6	12	Практическое задание, технический зачет по изготовлению изделия, опрос
12	Оборудования для литья. Специфика работы	6	3	3	Практическое задание, технический зачет по изготовлению изделия
13	Понятие вакуума и средства его получения	9	3	6	Практическое задание, опрос
14	Понятие математической статистики. Систематизация и накопление информации об апробации методик литья	12	3	9	Практическое задание, опрос
15	Программирование технологических установок для литья	12	6	6	Практическое задание, технический зачет по изготовлению изделия, опрос
16	Проектная деятельность. Подготовка проектов к участию в конкурсах	51	15	36	Защита проекта

17	Итоговое занятие	3	2	1	Опрос, тесты, решение задач
Итого		**216**	**75**	**141**	

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
1 год обучения

Задачи 1 года обучения

Обучающие:

- познакомить с основами программирования ЧПУ станков, основам построения и применения станков с ЧПУ (гравировально-фрезерным станком с ЧПУ);
- познакомить с основными узлами 3-х осевого фрезерного станка с ЧПУ;
- познакомить с принципами действия 3D-принтера Picaso 250;
- научить базовым способам моделирования и прототипирования объектов при помощи компьютерных технологий;
- познакомить с механическими компонентами, исполнительными приводами и электромеханическими устройствами;
- познакомить с электронными компонентами систем автоматизирования – датчиками, драйверами, коммутирующими элементами.
- познакомить с профессиями: оператор-настройщик оборудования с ЧПУ, инженер-разработчик систем автоматизированного проектирования, дизайнер, специалист по аддитивным технологиям и др.;
- познакомить с проектной деятельностью, основами публичного выступления.

Развивающие:

- развить внимание, память и начальный уровень инженерного, последовательного логического и автономного рационального мышления;
- развить творческие способности и пространственное воображение;
- развить самостоятельность и инициативность;
- развить конструкторские навыки;
- сформировать способность слаженно работать в коллективе.

Воспитательные:

- формировать чувство патриотизма через знакомство с достижениями отечественного промышленного производства;
- воспитать активную жизненную позицию;
- формировать мотивацию к здоровьесбережению при работе с промышленным оборудованием;
- воспитать чувство личной ответственности за порученное дело, пунктуальность.

Содержание программы 1 года обучения

1. Введение. Инструктаж по охране труда

Теория. Цель и задачи Программы. Структура, специфика и содержание занятий. Правила техники безопасности при работе с промышленным оборудованием. Основные правила безопасности при работе электрическими, нагревательными, вакуумными приборами. Правила оказания первой медицинской помощи. Понятия «современные технологии», «информационные технологии». Достижения и инновации в науке и технике.

Практика. Подвижная игра «Товарищеский матч» для знакомства учащихся. Демонстрация наглядного материала по теме «современные технологии» и «информационные технологии». Показ учебного фильма о современных достижениях науки и инноваций. Знакомство с высокотехнологичным оборудованием.

2. Современный промышленный комплекс. Базовые понятия и технологии

Теория. Определение промышленного комплекса. Промышленный комплекс Российской Федерации. История появления промышленности и её специфические черты. Инновационные продукты современной промышленности. Технологии в современном промышленном комплексе. Основные конструкционные материалы: композиты, металлы,

металлические сплавы, пластики. Роль инноваций в развитии техники. Основные инженерные профессии, чья деятельность связана с использованием композитных материалов (авиа-, судо-, машиностроение и др.).

Практика. Просмотр и обсуждение учебного фильма о достижениях различных отраслей российской промышленности. Демонстрация технологии работы с композиционными материалами. Просмотр и обсуждение медиа-презентации о роли инноваций на современном этапе развития общества. Работа с композиционными материалами – разработка структур повышенной прочности. Проведение дегазации жидкостей и композиционных структур.

3. Техника с ЧПУ. История создания. Основные виды и классификация. Сферы применения

Теория. История развития станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Понятие ЧПУ. Применение станков с ЧПУ в промышленности и быту. Фрезерные станки с ЧПУ. Токарные станки с ЧПУ. Гибридные станки с ЧПУ. Многоосевые станки с ЧПУ специального назначения. ЧПУ системы в обыденной жизни. Станок гравировально-фрезерный с ЧПУ «МАХ-7» - ТТХ и области применения; особенности безопасной работы. Основные инженерные профессии, чья деятельность связана с использованием станков с числовым программным управлением (оператор станков с ЧПУ, специалист по прототипированию и аддитивным технологиям и др.).

Практика. Изучение на практике основных узлов трехосевого и четырехосевого фрезерных станков с ЧПУ.

4. Пространственная ориентация объектов. Прямоугольная система координат

Теория. Понятие одномерного, двумерного и трехмерного пространства. Прямоугольная и сферическая системы координат. Прямоугольная система координат: способ задания положения объекта в пространстве. Применение в современной жизни. Системы линейного перемещения (ШВП, трапецеидальный винт, пьезоподвижки). Принципы работы боевой зенитной машины. Достижения отечественной промышленности.

Практика. Просмотр и обсуждение медиа-презентация «Радиолокация. Гидролокация», «ЗРК С-400 Триумф». Работа с образцами электромеханических устройств, обеспечивающих прецизионное перемещение объектов. Профориентационный тест.

5. Обрабатывающий инструмент и способы его изготовления

Теория. Основные конструкционные материалы. Понятие инструментальной и быстрорежущей стали. Виды и формы фрез. Основные параметры фрезы. Параметры обработки различных материалов. Скорость обработки материалов. Способы закрепления заготовки на координатном столе. Виды резцов. Способы изготовления резцов и фрез. Физика процесса закалки.

Практика. Подвижная игра «Пространство». Изготовление простейшей фрезы. Изготовление проходного резца. Подборка режимов фрезеровки металла, стеклопластика, полистирола, углепластика, дерева. Закалка стального изделия – основные этапы. Заточка резцов и фрез.

6. Программное обеспечение для работы с техникой с ЧПУ. Основы 3D-моделирования

Теория. Понятие программного обеспечения (ПО). Операционная система – основные понятия и виды. Специализированное ПО. Пакет EMC2. Пакет Компас 3D (учебный). Пакет FreeCNC. Основы 3D-моделирования и проектирования. Базовые сведения о драйверах устройств и вспомогательном оборудовании. Обработка и преобразование информации, информационные потоки, интерфейсы и протоколы.

Руководство пользователя: «Компас 3D (учебный). Мир 3D-проектирования», «Пакет FreeCNC. От простого к сложному».

Практика. Просмотр и обсуждение медиа презентации «Пакет EMC2». Подключение периферийного оборудования к компьютеру и установка драйверов. Настройка оборудования под параметры персонального компьютера. Настройка персонального компьютера под параметры оборудования. Работа в программных продуктах с 2D объектами. Переход к простым 3D. Сложные 3D объекты (базовые параметры). Текущий контроль на компьютере: тест и задача на каждый из пакетов.

7. Программное обеспечение для прототипирования. Техника 3D-моделирования

Теория. Программа «Компас 3D» – базовые элементы проектирования. Инструменты построения 2D объектов. Основные инструменты построения кривых, прямых, прямоугольников, эллипсов, окружностей. Разбиение и соединение линий.

Практика. Просмотр и обсуждение медиа презентации «Компас 3D (учебный). Мир 3D-проектирования. Мир 3D». Усложненная работа на компьютере в программных продуктах с 2D объектами. Переход к простым 3D-объектам. Сложные 3D-объекты. Решение задачи построения 3D-объекта. Экспорт 3D-объектов. Форматы 3D-объектов (.stl, .igis, .step и др.).

8. Способы обработки металлов, пластиков, дерева

Теория. Основные конструкционные материалы. Особенности обработки металлов (охлаждение, смазка, жёсткое и прочное крепление). Особенности обработки пластиков и стеклопластиков. Особенности обработки изделий из дерева. Методика заточки режущего инструмента. Взаимодействие фрезы и обрабатываемого материала. Расчет скорости обработки материалов. Перегрев фрезы. Основные поставщики режущего инструмента в России. Индивидуальные особенности обработки специфических материалов (пенопласт, углепластик, модулан, никурон и др.).

Практика. Просмотр и обсуждение медиа-презентации «Технологии обработки материалов». Обработка на гравировально-фрезерном станке с ЧПУ дюралюминия, стеклопластика, дерева. Эмпирический способ подбора скорости резания материалов.

9. Понятие G-cod. Создание G-cod

Теория. Двоичная, десятичная, восьмеричная, шестнадцатеричная системы счисления. Определение G-кода. Основные команды G-кода. Основные расширения файлов для различных станков. Отличия в G-коде для разного станочного оборудования. Программа FreeCNC (CAM). Основные настройки программы FreeCNC (CAM). Компиляция G-кода по 3D-модели и заданным параметрам обработки. Трех и четырехосевые фрезерные станки с ЧПУ (с точки зрения генерации G-кода). Базовое определение управляющей программы.

Практика. Работа с FreeCNC(CAM). Написание G-кода для обработки двухмерного объекта без учета параметров режущего инструмента. Написание G-кода для обработки двухмерного объекта с учетом параметров режущего инструмента и обрабатываемого материала. Компилирование в программной среде G-кодов для трехмерных объектов (простых, сложных и составных).

10. Комплексный подход. Создание сложных G-cod путем совмещения нескольких УП

Теория. Понятие управляющей программы. FreeCNC (CAM) – инструмент работы с управляющими программами. Особенности совмещения двух G-кодов. Программное решение задач, связанных с объединением нескольких управляющих программ. Ручное объединение управляющих программ.

Практика. Работа с FreeCNC (CAM). Объединение управляющих программ. Апробация основных методик совмещения сложных управляющих программ.

11. Аддитивные технологии. История создания 3D-принтера. Классификация 3D-принтеров

Теория. История создания струйного принтера. История создания лазерного и матричного принтеров. Основные принципы действия 2D-принтеров. История создания 3D-принтера. Классификация 3D-принтеров. Принцип действия 3D-принтера Mankati. Применение 3D-принтера Mankati. Оптимизация процесса 3D-печати на 3D-принтере Mankati. Настройка 3D-принтера Mankati перед первой печатью. Виды пластиков для печати. 3D-принтер Mankati - ТТХ и области применения; особенности безопасно работы. Основные инженерные профессии, чья деятельность связана с использованием станков с трёхмерным моделированием (дизайнер, инженер-разработчик систем автоматизированного проектирования и др.).

Практика. Просмотр и обсуждение медиа-презентации «Принтеры. От 2D до 3D». Настройка параметров 3D-принтера перед первой печатью. Печать простейших пластиковых изделий (из PLA- пластика). Двухцветная печать. Изучение методики чистки печатающей головки.

12. Программное обеспечение для работы с технологией 3D-печати. Сферы применение 3D-принтеров

Теория. Программное обеспечение 3D-принтера Mankati. Ознакомление с основными параметрами. Настройка параметров 3D-принтера Mankati перед первой печатью. Методика чистки печатающей головки. Двухцветная печать.

Практика. Просмотр и обсуждение медиа-презентации «Mankati-soft». Печать простейших пластиковых изделий (из PLA-пластика).

13. **Совмещение технологий изготовления изделий на 3D-принтере с последующей обработкой на станке с ЧПУ**

Теория. Понятие базовой точки. Совмещение систем координат. Подборка режимов резания PLA-пластика на ЧПУ станке. Методы фиксации пластиковых изделий на координатном столе с использованием направляющих. Способы изготовление направляющих. Точность многократно обрабатываемого изделия. Моделирование процессов последовательной обработки.

Практика. Настройка параметров 3D-принтера. Печать пластиковых изделий (из PLA-пластика) с последующей обработкой на гравировально-фрезерном станке с ЧПУ. Работа на компьютере.

14. **Абразивные материалы. Методы черновой обработки и финишной доработки изделий**

Теория. Понятие абразива. Классификация абразивов. Техника безопасности при работе с абразивами. Понятие полировки. Механическая полировка. Химическая полировка. Галтование. Сферы применения современных абразивных материалов. Технология производства абразивных материалов. Растворение пластиков. Специфика сглаживания поверхности у изделий из ABS и PLA-пластиков.

Практика. Демонстрация абразивных материалов Измерение основных характеристик абразивных материалов. Полировка металла на гравировально-фрезерном станке с ЧПУ. Полировка пластика. Работа с механическими полировальными пастами. Отработка технологии химического полирования деталей.

15. Проектная деятельность. Выбор темы. Правила публичных выступлений. Понятие коммерциализации

Теория. Понятие проекта и проектной деятельности. История развития проектной деятельности. Структура и основные элементы проекта. Особенности выбора темы проекта. Цель и задачи проекта. Теоретические основы защиты проекта (подготовка презентации, форма, этапы и др.). Правила публичного выступления.

Практика. Демонстрация готовых проектов с последующим анализом. Выбор тематики проекта. Выполнение проекта. Подготовка презентации для защиты проекта.

Примерная тематика учебных проектов 1 года обучения:

1. «Разработка технологии изготовления переходной муфты с использованием фрезерного станка с ЧПУ»;
2. «Изготовление оснастки для выклейки изделий из композитных материалов с использованием фрезерного станка с ЧПУ»;
3. «Проектирование простого гребного винта с постоянным шагом в среде 3D-моделирования».

16. Итоговое занятие

Теория. Обзор пройденного материала. Анализ выполненных работ. Подведение итогов усвоения теоретического и практического материала за год.

Практика. Выполнение контрольных заданий по пройденному теоретическому материалу (тесты, различного рода технические и инженерные задачи) и практическому материалам (решение задач на компьютере).

Планируемые результаты

Личностные результаты:

- сформировано чувство личной ответственности за порученное дело;
- развита самостоятельность и инициативность;
- развиты творческие способности и пространственное воображение;
- развито внимание, память и начальный уровень инженерного, последовательного логического и автономного рационального мышления;
- сформирована активная жизненная позиция;
- сформировано чувство патриотизма через знакомство с достижениями отечественного промышленного производства;
- сформирована мотивация к здоровьесбережению при работе с промышленным оборудованием.

Метапредметные результаты:

- сформирован опыт проектной деятельности;
- сформировано умение выбирать целевые и смысловые установки для своих действий и поступков;
- сформировано умение анализировать и отбирать необходимую информацию;
- способность слаженно работать в коллективе.

Предметные результаты:

- сформировано знание основной технической терминологии;
- сформировано знание техники безопасности при работе на высокотехнологичном оборудовании;
- сформировано знание основ программирования ЧПУ станков, построения и сферы применения станков с ЧПУ;
- сформировано знание основных узлов 3-х осевого фрезерного станка с ЧПУ;
- сформировано знание принципа действия 3D-принтера;
- сформирован опыт 3D-моделирования и прототипирования объектов при помощи компьютерных технологий;

- сформировано знание основных видов работ, соответствующие следующим профессиями: оператор-настройщик оборудования с ЧПУ, инженер-разработчик систем автоматизированного проектирования, дизайнер, специалист по аддитивным технологиям и др.;
- развиты конструкторские навыки.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
2 год обучения

Большое внимание в обучении уделяется изучению вопросов 3D-проектирования и 3D-моделирования при помощи компьютерных программ. 3D-моделирование достаточно быстро развивает пространственное воображение у учащихся, что помогает им решать проектировочные задачи максимально быстро. Получение опыта работы в таких программах положительно скажется в будущей профессиональной инженерной деятельности.

Задачи 2 года обучения

*Обучающие***:**

- обучить основным принципам работы гравировально-фрезерного станка с ЧПУ;
- познакомить со сферами применения 3D-сканера;
- обучить основам 3D-сканирования и основам работы на 3D-принтере;
- познакомить с методами комплексного использования 3D-принтера и 3D-сканера;
- обучить созданию простых управляющих программ для ЧПУ станков и 3D-принтеров при помощи компьютерных программ;
- обучить созданию сложных управляющих программ для 4-х осевого гравировально-фрезерного станка с ЧПУ, 3D-принтера и 3D-сканера;
- познакомить с принципами действия индукционной и муфельной плавильных печей;
- познакомить с профессиональными приемами моделирования и прототипирования объектов;
- познакомить с основными видами работ в таких профессиях, как: оператор-настройщик оборудования, работающего с использованием аддитивных технологий, инженер-разработчик систем автоматизированного производства, дизайнер (акцент на 3D-моделирование и сканирование объемных объектов (виртуализация)), специалист по литью различных материалов и другие;
- сформировать умение организовать работу в проектной деятельности, выполнять собственные проекты и представить результаты.

Развивающие:

- развить внимание, память и инженерное мышление, последовательное логическое и автономное рациональное мышление;
- повысить уровень развития творческих способностей и пространственного воображения;
- сформировать личностное и предпрофессиональное самоопределение учащихся;
- развить самостоятельность и инициативность;
- повысить уровень конструкторских навыков.

Воспитательные:

- воспитать чувство патриотизма через знакомство с достижениями отечественного промышленного производства;
- воспитать активную жизненную позицию;
- формировать мотивацию к здоровьесбережению при работе в лаборатории;
- повысить уровень личной ответственности за порученное дело, пунктуальности.

Содержание программы 2 года обучения

1. Вводное занятие. Инструктаж по охране труда

Теория. Проведение с учащимися инструктажа по охране туда. Цель и задачи образовательной программы. Структура, специфика и содержание занятий. Здоровье сберегающие технологии в «ИнноЛаб». Объяснение материала по теме «современные технологии» и «информационные технологии»; беседа о современных достижениях науки и инноваций в области современных технологий производства.

Практика. Работа на персональном компьютере. Актуализация опыта работы в 3D-редакторе RhinoCerosDemo.

2. Основные технические устройства, обеспечивающие безопасность работы в «ИнноЛаб»

Теория. Знакомство с основными правилами безопасности при работе электрическими, нагревательными, вакуумными приборами. Знакомство с принципами работы основных технических устройств, обеспечивающих безопасность работы в «ИнноЛаб». Правила оказания первой медицинской помощи.

Практика. Работа на персональном компьютере. Знакомство с режущим инструментом и выявление основные источников опасности.

3. Способы быстрой визуализации, прототипирования и виртуализации

Теория. Понятие визуализации, виртуализации, прототипирования, материализации. Основные способы визуализации различного рода объектов. Основные способы виртуализации и прототипирования объектов. 3D-принтер и четырехосевой гравировально-фрезерный станок с ЧПУ – инструменты полноценной материализации 3D-моделей. Понятие высокотехнологичного оборудования и его применения в современном промышленном комплексе.

Практика. Работа на персональном компьютере с программным обеспечением для виртуализации реальных объектов. Материализации простого 3D-объекта на 3D-принтере. Основы прототипирования – изготовление прототипа изделий.

4. Техническое устройство 3D-сканера. Принципы работы

Теория. История создания сканирующих систем (в том числе 2D). Принцип работы 2D-сканера. Классификация 3D-сканеров. Принцип работы 3D-сканеров. Теоретические основы работы с программным обеспечением сканирующих устройств. Специфические требования безопасности при работе с 3D-сканером. Технические характеристики и области применения 3D-сканера. Основные инженерные профессии, чья деятельность связана с использованием технологий виртуализации объектов (оператор-настройщик оборудования, работающего с использованием аддитивных технологий, инженер-разработчик систем автоматизированного производства, дизайнер, реставратор и др.).

Практика. Знакомство с устройством 3D-сканер 3DSystem. Подключение 3D-сканера 3DSystem к ноутбуку. Установка драйверов и программного обеспечения. Профориентационный семинар.

5. Определение положения объекта в пространстве. Сферическая система координат

Теория. Система координат. Понятие трехмерного пространства. Прямоугольная и сферическая системы координат. Сферическая система координат: способ задания положения объекта в пространстве. Применение в современной жизни. Устройство ПЗС-матриц для фиксации изображения. Способы измерения дальности. Классификация лазеров и принцип их действия. Сферы применения лазеров. Теоретические основы работы маломощного полупроводникового лазера. Гироскоп в современной технике.

Практика. Физические опыты с лазером. Опыты с механическим гироскопом.

6. Программное обеспечение для работы с 3D-сканером. Обработка результатов 3D-сканирования

Теория. 3D-Sense – программное обеспечение для 3D-сканера 3DSystem – основные возможности. Особенности сканирования человека в полный рост. Особенности сканирования головы человека. Сканирование мелких объектов (характерный размер до 0.4м). Сканирование средних объектов (характерный размер от 0.4 до 1м). Сканирование крупных объектов (характерный размер от 1м до 2м). Основные типы выходных файлов .stl и .obj. Сохранение 3D-моделей.

Практика. Работа с программным обеспечением 3D-сканера 3DSystem. Выбор режима сканирования. Редактирование и сохранение полученных 3D-моделей. Решение на компьютере технических задач, связанных со сканированием сложно профильных объемных объектов. Обработка и редактирование полученных 3D-моделей.

7. Основы материаловедения: конструкционные материалы

Теория. Понятие конструкционных материалов и их классификация. Технологии создания конструкционных материалов. Композитные материалы. Техника безопасности при работе с композиционными материалами. Углепластик. Стеклопластик. Кевларопластик. Гибридные ткани. Основы вакуумной формовки. Вакуумный насос. Прочностные характеристики гибридных пластиков. Сферы применения композиционных материалов. Эпоксидные и полиэфирные смолы.

Практика. Создание многослойной жесткой пластины на основе кевлара и карбона. Изучение принципов работы вакуумного насоса. Основы ремонта и обслуживания вакуумного насоса. Изготовление герметичного резинового вакуумного мешка. Изучение основных параметров изготовленных структур.

8. Способы определения характеристик материалов

Теория. Основные материалы (пластики, металлы, дерево, конструкционные материалы). Основные характеристики материалов. Понятие твердости материала. Основные методы измерения твердости материала. Прочностные характеристики материалов. Понятие вязкости материалов. Способы измерение вязкости жидкости. Плотность материала. Измерение плотности различных материалов.

Практика. Апробация основных методик измерения характеристик материалов. Измерение плотности вещества. Измерение вязкости жидкости. Изготовление измерительных средств (измерительные линейки и т.п.).

9. Методы обработки металлов, пластика, дерева

Теория. Методика анализа способностей материала подвергаться обработке. Специфика обработки металла: основные инструменты для грубой и прецизионной обработки металлов. Обработка чёрных металлов. Обработка цветных металлов. Специфика обработки драгоценных металлов. Обработка пластиковых изделий (грубая и финишная). Обработка композитных материалов. Техника безопасности при обработке композитных материалов (использование средств индивидуальной защиты). Применение автоматизированных систем обработки материалов. Способы подбора режимов резки материалов.

Практика. Обработка металла образца Д16Т. Обработка стеклотекстолита. Обработка полистирола. Изготовление простейшей смазочно-охлаждающей жидкости. Подбор режимов резания на гравировально-фрезерном станке с ЧПУ. Определение износостойкости режущего инструмента при обработке различных материалов.

10. Литейное дело. Сферы применения. Основные технологии

Теория. Основные литьевые металлы. Историческая справка: цветные металлы, черный металл. Ковка металлов. Закалка металлов. Применение цветных металлов в современном промышленном комплексе (конструкционные материалы, декоративные материалы и т.п.). Применение черного металла. Устройство первых плавильных печей. Устройство современных литьевых систем. Понятие центробежного литья. Понятие вакуумного литья. Муфельная печь. Индукционная печь. Термостойкие материалы – керамика. Методы измерения температуры. Специфические правила техники безопасности при работе с печами. Основные параметры (физические и химические) расплавленного металла. Диаграммы плавкости (бинарные системы). Понятие сплава. Комплекс оборудования для литья металлов (печь плавильная индукционная, литьевая вакуумная машина с вибростолом, инжектор для воска с ручным насосом, муфельная печь) и области применения; особенности безопасно работы.

Практика. Плавка бронзы в индукционной печи. Плавка бронзы в муфельной печи. Сравнительная характеристика индукционной и муфельной печей. Изготовление простейших сплавов на оборудовании для литья металлов (печь плавильная индукционная УПИ-60-2; литьевая вакуумная машина с вибростолом; инжектор для воска 1,5 л с ручным насосом; муфельная печь «МИТЕРМ - 8»). Изготовление простейших изделий по выплавляемым восковым моделям. Изготовление проволоки припоя.

11. Технология литья металлов.

Теория. Устройство современных литьевых систем. Структура муфельной печи. Структура индукционной печи. Подробное определение центробежного и вакуумного литья. Термостойкие материалы – керамика. Методы измерения температуры. Специфические правила техники безопасности при работе с литьевой установкой. Основные физические параметры процесса литья цветных и черных металлов. Технология литья по выплавляемым восковым моделям. Технология литья в песчаные формы. Многоразовые графитовые формы. Инжектор воска. Классификация литейных восков. Основные параметры литейного воска. Основные инженерные профессии, чья деятельность связана с использованием технологий виртуализации объектов (специалист по литью различных материалов, специалист-ювелир по литью драгоценных металлов и др.).

Практика. Подготовка металлов к литью. Определение плотности металлов и их сплавов. Изготовление силиконовой формы. Изготовление мастер-модели на четырехосевом гравировально-фрезерном станке с ЧПУ и 3D-принтере. Работа с расплавленным воском и с инжектором воска (программирование контроллера). Литье низкотемпературных сплавов на оборудовании для литья металлов в силиконовые формы.

12. Оборудования для литья. Специфика работы

Теория. Устройство современных литьевых систем. Муфельная печь. Индукционная печь (подробное устройство с изучением охлаждающего контура). Вытяжной шкаф. Система вентиляции. Вибростол. Системы обезгаживания гипсовых масс. Понятие опоки. Вспомогательные приборы для перемещения нагретых объектов. Термостойкие подложки (керамика, силикон). Инжектор воска. Основы обслуживания литейных систем.

Практика. Демонстрация работы на оборудовании для литья металлов: печь плавильная индукционная; литьевая вакуумная машина с вибростолом; инжектор для воска с ручным насосом; муфельная печь. Апробация основных методик. Сборка оборудования учащимися в парах или команде. Развитие навыков работы в команде.

13. Понятие вакуума и средства его получения

Теория. Определение вакуума. Вакуум в окружающем мире. Применение вакуума в современном промышленном комплексе. Понятие степени вакуума. Методы получения вакуума. Основные типы вакуумных насосов. Понятие вакуумной системы. Основные технологические параметры вакуумных систем. Способы повышение эффективности

откачки в вакуумных системах. Методы поиска газовых протечек в замкнутых системах. Комплексное обслуживание вакуумных систем.

Практика. Создание в замкнутом объеме вакуума с заданными параметрами. Физические опыты с вакуумом. Изготовление вакуумного мешка. Дегазация силиконовой массы. Сравнение методик безвакуумного и вакуумного подхода в литейном деле.

14. Понятие математической статистики. Систематизация и накопление информации об апробации методик литья

Теория. Информационные процессы для обработки, хранения и редактирования данных. Программное обеспечение для систематизации данных. MS Word&Excel. Создание таблиц в MSExcel. Использование формул. Основные математические функции пакета. Параметры сортировки данных по разным критериям. Вычисление косвенных параметров технологического процесса в MS Excel. Построение графиков основных зависимостей технологического процесса литья металлов.

Практика. Работа на персональном компьютере. Изучение программных продуктов MS Word&Excel. Ведение статистических записей о проделанных экспериментах.

15. Программирование технологических установок для литья

Теория. Понятие программируемого контроллера технологических процессов. Принцип работы программируемого контроллера. Измерение температуры внутри печки. ПИД-регулятор – принцип действия. Физика процессов нагрева материалов. Влияние температуры на различные вещества. Влияние резкого нагревания и охлаждения на характеристики изделий. Гипсовые массы для форм под отливку (низкотемпературные, среднетемпературные и высокотемпературные). Последовательность программирования контроллера муфельной печи.

Практика. Решение задач по программированию контроллера по известному технологическому процессу (отжиг гипсовой формы, выжигание воска, плавка определенного металла и т.п.).

16. Проектная деятельность. Подготовка проектов к участию в конкурсах

Теория. Место проектов в инженерном творчестве. Особенности выбора направления и темы работы. Основные научно-исследовательские и инженерные конкурсы в России и за рубежом. Особенности оформления проектов.

Практика. Создание научно-исследовательского или инженерно-технического проекта с использованием высокотехнологичного оборудования. Оформление проекта и представление его на конкурсе (районном, городском, всероссийском, международном – в зависимости от уровня сложности и инновационности проекта).

Примерная тематика учебных проектов 2 года обучения:

1. «3D-моделирование в контексте Мировой Истории: создание макета символа эпохи противостояния»
2. «Автоматизация судомодельной лаборатории: создание трёх-осевого фрезерного станка с ЧПУ»
3. «Исследование электрофизических свойств тонкоплёночного оксида тантала, изготовленного методом реактивного магнетронного распыления»
4. «Разработка технологии синтеза тонкоплёночного оксида ванадия методом реактивного магнетронного распыления»
5. «Универсальная платформа с ЧПУ для лазерной и фрезерной обработки различных материалов»
6. «Создание установки лазерной резки с автофокусом»
7. «Разработка метода сравнения эффективности бесколлекторных электромоторов»

8. «Проектирование и реализация беспилотного летательного аппарата, с целью производства геодезической и топографической съемки»

17. Итоговое занятие

Теория. Обзор пройденного материала. Анализ выполненных работ. Подведение итогов усвоения теоретического и практического материала. Подведение итогов профориентационных мероприятий. Выявление через опрос склонности к той или иной инженерной профессии у учащихся.

Практика. Тщательный анализ выполненных работ (за учебный год). Выполнение контрольных заданий по пройденному теоретическому и практическому материалу (решение задач на компьютере).

Планируемые результаты

Личностные результаты:

- сформировано чувство личной ответственности за порученное дело;
- сформировано личностное и предпрофессиональное самоопределение, стремление к самообразованию;
- развит высокий уровень инженерного мышления, последовательного логического и автономного рационального мышления;
- развит высокий уровень творческих способностей и пространственного воображения;
- развиты конструкторские навыки;
- сформировано чувство патриотизма через знакомство с достижениями отечественного промышленного производства;
- сформирована активная жизненная позиция;
- сформирована мотивация к здоровьесбережению при работе в лаборатории.

Метапредметные результаты:

- развита самостоятельность и инициативность, познавательная активность и способность к самообразованию;
- развито умение выбирать целевые и смысловые установки для своих действий и поступков;
- сформировано умение организовать работу в проектной деятельности, выполнить собственный проект и представить результаты.

Предметные результаты:

- знание техники безопасности при работе на высокотехнологичном оборудовании;
- знание основ 3D-сканирования и сферы применения 3D-сканера;
- знание профессиональных способов моделирования, прототипирования, материализации и виртуализации объектов;
- знание методов комплексного использования 3D-принтера и 3D-сканера;
- знание принципов действия основных типов плавильных печей: индукционной; муфельной печи;
- знание основных видов работ, производимых следующими профессиями: оператор-настройщик оборудования, инженер-разработчик систем автоматизированного производства, дизайнер, специалист по литью различных материалов и другие;
- умение создавать сложные управляющие программы для 4-х осевого гравировально-фрезерного станка с ЧПУ; 3D-принтера и 3D-сканера 3DSystem;
- умение обслуживать гравировально-фрезерный станок с ЧПУ и 3D-принтер, 3D-сканер 3DSystem и литьевой аппарат (литьевую вакуумную машину с вибростолом);
- умение практически реализовать на гравировально-фрезерном станке с ЧПУ сложное изделие; материализовать на 3D-принтере виртуальный объект (результат 3D-моделирования).

ОЦЕНОЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Для отслеживания результативности образовательной деятельности по Программе проводятся: входная диагностика, текущий контроль, промежуточная аттестация, итоговый контроль.

Входная диагностика – оценка уровня образовательных возможностей учащихся при поступлении в объединение, проводится в начале первого года обучения или при зачислении учащегося на второй год обучения. Форма контроля: опрос, при зачислении на второй год -собеседование.

Текущий контроль – оценка уровня и качества освоения тем Программы и личностных качеств учащихся; проводится после изучения каждой темы. Текущий контроль проводиться в форме теста, опроса, практического задания после каждого пройденного материала.

Промежуточная аттестация проводится в конце первого полугодия каждого года обучения и в конце первого года обучения с целью выявления уровня усвоения Программы. Форма контроля: опрос, тест, контрольное или практическое задание, защита проекта.

Итоговый контроль – оценка уровня и качества освоения учащимися Программы по завершению обучения, проводится в конце второго года обучения. Форма контроля: тест, защита проекта.

Формы фиксации результатов:

- диагностическая карта оценки уровня образовательных возможностей учащихся (входная диагностика);
- диагностическая карта уровня освоения образовательной программы (промежуточная аттестация, итоговый контроль);
- информационная карта достижений учащихся;
- бланки тестовых заданий по темам программы.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ

Литература для педагога:

1. Банников Е.А. Справочник фрезеровщика. Ростов н/Д.: Феникс, 2005.
2. Белецкий В.М., Кривов Г.А. Название: Алюминиевые сплавы (состав, свойства, технология, применение) Издательство: Киев, «КОМИНТЕХ», 2005.
3. Белухин Д.А. Личностно ориентированная педагогика в вопросах и ответах: учебное пособие.-М.: МПСИ, 2006.
4. Большаков В. П., Бочков А. Л., Сергеев А. А . 3D-моделирование в AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor, T-Flex . – СПб.: Питер, 2013.
5. Большаков В.П. Основы 3D-моделирования / В.П. Большаков, А.Л. Бочков.- СПб.: Питер, 2013.
6. Буске. М. «3D Модерирование, снаряжение и анимация в Autodesk».
7. Гийс Ван Вульфен «Запускаем инновации. Иллюстрированный путеводитель по методике FORTH». Издательство: Манн, Иванов и Фербер, 2014
8. Говиндараджан В., Тримбл К. Обратная сторона инноваций. – М., 2014.
9. Григорьев С.Н. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ: Справочник.- М., 2013.
10. Ильин Е.П. Психология творчества, креативности, одарённости. – СПб.: Питер, 2012.
11. Канесса Э. Доступная 3D печать для науки, образования и устойчивого развития. – СПб., 2013.
12. Лившиц В.Б., Казачкова О.А., Навроцкий А.Г. Ковка и литье. Изготовление ювелирных и декоративных изделий – АСТ, 2011.
13. Менчинская Н.А. Проблемы обучения, воспитания и психического развития ребёнка: Избранные психологические труды/ Под ред. Е.Д. Божович. – М.: МПСИ; Воронеж: НПО «МОДЭК», 2004.
14. Путина Е.А. Повышение познавательной активности детей через проектную деятельность // «Дополнительное образование и воспитание» - 2013. - №6(164). – С.34-36.
15. Пясталова И.Н. Использование проектной технологии во внеурочной деятельности// «Дополнительное образование и воспитание» - 2012. - №6(152). – С.14-16.
16. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии. – СПб.: Питер, 2008.
17. Угринович Н.Д., Информатика и ИКТ, М.: Бином, 2010 г.
18. Фельдштейн Д.И. Психология развития человека как личности: Избранные труды: В 2т./ Д.И. Фельдштейн – М.: МПСИ; Воронеж: НПО «МОДЭК», 2005.
19. Фирова Н.Н. Поиск и творчество – спутники успеха// «Дополнительное образование и воспитание» №10(156)2012. – С.48-50.
20. Хромова Н.П. Формы проведения занятий в учреждениях ДОД деятельность // «Дополнительное образование и воспитание». – 2013. - №9(167). – С.10-13.

Литература для учащихся

1. Балла О. Инструментообеспечение современных станков с ЧПУ. /Учебное пособие. –Лань, 2017.
2. Варфел Т. Прототипирование. /Практическое руководство. – Манн, Иванов и Фербер, 2013.
3. Иванов К.М., Звонцов И.Ф., Серебреницкий П.П.: Разработка управляющих программ для оборудования с ЧПУ. /Учебное пособие. – Лань, 2017.
4. Кристенсен К., Ферр Н., Даер Д.: Создавая инновации. Креативные методы от Netflix, Amazon и Google. – Эксмо, 2017.
5. Огановская Г. К.: Робототехника, 3D-моделирование и прототипирование в дополнительном образовании. – Каро, 2017.

6. Отт Д. Справочник по дефектам литья и иным порокам ювелирных изделий из золота. – ИД Дедал-пресс, 2004.

7. Теверовский Л.В., Ловыгин А.А.: Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система. - ДМК-Пресс, 2015.

Интернет-ресурсы

1. http://www.rcdesign.ru/articles/tools/cnc_offhand - Станок ЧПУ «на скорую руку»
2. http://www.rcdesign.ru/articles/tools/cnc_mechanics - Механика самодельного станка ЧПУ
3. http://www.rcdesign.ru/articles/tools/handy_tools - Ручной инструмент для моделизма
4. http://www.rcdesign.ru/articles/electronics/esc_rev - Регулятор скорости с реверсом
5. http://3dpr.ru/osnovnye-materialy-ispolzuyuschiesya-dlya-3d-pechati - Основные материалы, использующиеся для 3D-печати
6. http://3dpr.ru/tehnologii-i-vozmozhnosti-3d-pechati-metallom - Технологии и возможности 3D-печати металлом
7. http://3dpr.ru/izgotovlenie-obektov-s-ispolzovaniem-laminirovaniya - Изготовление объектов с использованием ламинирования
8. http://3dpr.ru/elektronno-luchevaya-plavka-ebm - Электронно-лучевая плавка (EBM)
9. http://www.metodolog.ru/00404/00404.html - 25 главных технических инноваций