Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение
средняя общеобразовательная школа № 21

РАССМОТРЕНО:
Председатель
педагогического совета
МАОУ СОШ № 21
_____
заместитель директора
Протокол №15 от 25.08.2026г.

УТВЕРЖДАЮ:
Заместитель директора
МАОУ СОШ № 21
_____
Е.И. Жаркевич
Приказ №361-ах
от25.08.2026г.

Общеобразовательная общеразвивающая
программа дополнительного образования
«Основы технического творчества. Работа на модульной станции с ЧПУ»

Направленность:
техническая
Возраст обучающихся: 10-15 лет
Срок реализации:
01.09.2026г. - 28.05.2027г.
Составитель:
Обирин Е.С., учитель
МАОУ СОШ №21

г. Серов, 2026г.

1. Пояснительная записка

Рабочая программа дополнительного образования «Основы технического творчества. Работы на модульной станции с ЧПУ DOBOT MOOZ 2 Plus»

Возраст обучающихся: 10-15 лет

Срок реализации: 1 учебный год

Объем программы: 70 академических часов

Режим занятий: 2 раза в неделю по 2 академических часа (80 минут с перерывом).

Уровень программы: базовый.

Нормативные основания для разработки программы:

- Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»;
- Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 27.07.2022 № 629 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам»;
- Распоряжение Правительства РФ от 31.03.2022 № 678-р «Об утверждении Концепции развития дополнительного образования детей»;
- Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.09.2020 № 28 «Об утверждении СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи».

Направленность программы – техническая.

Актуальность и педагогическая целесообразность: В условиях развития цифрового производства и технологий «Индустрии 4.0» компетенции в области управления станками с числовым программным управлением (ЧПУ) становятся востребованными в самых разных отраслях. Данная программа знакомит учащихся с полным циклом современного производства: от создания цифровой модели до ее физического воплощения на многофункциональной станции DOBOT MOOZ 2 Plus. Программа развивает инженерное и пространственное мышление, креативность, внимание к деталям и понимание технологических процессов. Программа носит ярко выраженный профориентационный характер, закладывая основы для будущих инженеров-технологов, операторов ЧПУ, программистов и дизайнеров.

Новизна программы заключается в комплексном изучении принципов аддитивных и субтрактивных технологий на примере единой образовательной платформы.

Программа позволяет учащимся не только освоить основы 3D-печати, лазерной гравировки и фрезерной обработки, но и понять их взаимосвязь и применение в решении практических задач, переходя от виртуального моделирования к реальному, осязаемому результату.

Методы и формы реализации Программы:

Реализация Программы строится на принципах личностно-ориентированного и деятельностного подхода, обеспечивающих развитие технических способностей и инженерного мышления у обучающихся.

Основные методы обучения, используемые в рамках Программы:

- Практико-ориентированное обучение является ключевым методом Программы. Все теоретические знания незамедлительно закрепляются путем выполнения практических заданий и упражнений непосредственно на станции DOBOT MOOZ 2 Plus. Это позволяет сформировать

устойчивые навыки настройки оборудования, подготовки управляющих программ и работы с различными материалами.

- Проектный метод занимает центральное место в освоении Программы. Обучающиеся последовательно, от простого к сложному, учатся созданию собственного творческого проекта – от разработки идеи и 3D-модели до выбора оптимальной технологии изготовления (3D-печать, лазер, фрезер) и его физического воплощения. Данный метод способствует развитию креативности, самостоятельности и умению планировать свою деятельность.

- Наглядный метод широко применяется через демонстрацию педагогом всех этапов работы: от подготовки файлов до непосредственного управления станком, а также через использование библиотеки готовых образцов, изделий и пошаговых инструкций.

- Проблемное обучение используется через постановку перед обучающимися технологических задач, требующих самостоятельного поиска решения (например, «Как выбрать оптимальный режим резания для фанеры?», «Как исправить дефект 3D-печати?», «Как правильно расположить модель на рабочем поле для лазерной резки?»).

- Соревновательный метод реализуется через организацию конкурсов на лучший проект, самое точное и качественное изготовление детали, что способствует повышению мотивации и качества выполняемых работ.

Формы организации занятий:

- Групповая форма используется для проведения вводных инструктажей, объяснения нового теоретического материала, демонстрации приемов работы, совместного обсуждения идей и проектов, а также для проведения итоговых презентаций.

- Индивидуально-групповая форма является основной для практической части занятий. Педагог дает общее задание для всей группы, а затем осуществляет индивидуальную работу с каждым обучающимся, оказывая консультативную и техническую поддержку с учетом его темпа работы и уровня подготовки, особенно при работе со станком.

- Индивидуальная форма применяется при выполнении итогового творческого проекта, когда каждый обучающийся самостоятельно работает над своей уникальной задачей, а педагог выступает в роли наставника и консультанта.

Используемые педагогические технологии:

- Технология дифференцированного обучения предусматривает подбор заданий различного уровня сложности (от базовых упражнений по освоению одного модуля до комплексных творческих проектов, использующих все возможности станции) для обеспечения успешности каждого обучающегося.

- Игровые технологии реализуются через введение элементов игры в процесс обучения (например, «создай свой уникальный брелок», «спроектируй и собери модель гоночного автомобиля»), что способствует поддержанию интереса и мотивации.

- Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) являются неотъемлемой частью Программы, поскольку вся деятельность обучающихся строится на работе со специализированным программным обеспечением для 3D-моделирования, слайсинга и управления станком.

- Технология проектной деятельности является стержневой, так как программа предполагает завершение каждого модуля созданием готового изделия.

Педагогическая целесообразность настоящей программы заключается в том, что после ее освоения обучающиеся получат комплексные знания и умения, которые позволят им понять логику цифрового производства, принципы перехода от цифровой модели к физическому объекту с использованием различных технологий. Настоящая программа соответствует общекультурному уровню освоения и предполагает удовлетворение познавательного интереса обучающегося, расширение его информированности в области современных производственных технологий, а также обогащение навыками коммуникации и умений совместной деятельности при работе над сложными проектами.

Цель программы: Формирование у учащихся базовых компетенций в области цифрового производства через освоение практических навыков работы на модульной станции с ЧПУ DOBOT MOOZ 2 Plus, развитие инженерного, проектного и технологического мышления.

Задачи программы:

Личностные (воспитательные):

- Воспитывать интерес к техническому творчеству, инновационным технологиям и труду.
- Формировать навыки аккуратности, усидчивости, ответственности за результат и соблюдения правил техники безопасности при работе на оборудовании.
- Воспитывать умение работать в коллективе, оказывать взаимопомощь и конструктивно обсуждать идеи.

Метапредметные (развивающие):

- Развивать пространственное воображение, логическое, алгоритмическое и технологическое мышление.
- Развивать навыки проектной деятельности: от идеи и проектирования до реализации и презентации готового изделия.
- Формировать умение самостоятельно приобретать новые знания и осваивать новые инструменты для решения практических задач.

Предметные (обучающие):

- Обучить основам устройства и принципам работы модульной станции DOBOT MOOZ 2 Plus.
- Сформировать навыки безопасной настройки и калибровки станции для различных видов обработки (3D-печать, лазерная гравировка, фрезерование).
- Научить подготавливать 3D-модели к печати (настройка слайсера) и создавать управляющие программы для лазерной и фрезерной обработки.
- Научить основам работы с различными материалами (PLA-пластик, фанера, акрил) и выбирать оптимальные технологические режимы их обработки.

Сроки реализации Программы: 140 часов.

Уровень программы: одноуровневая (базовый уровень освоения).

Режим занятий:

- 1 группа до 10 человек, 2 раза в неделю по 2 академических часа (80 минут с 5-10 минутным перерывом);

Планируемые результаты обучения:

По окончании курса учащийся будет знать:

- Основные компоненты станции DOBOT MOOZ 2 Plus и принципы их работы.
- Правила техники безопасности при работе на станции с ЧПУ.
- Основные этапы технологического процесса цифрового производства (моделирование - подготовка УП - изготовление).
- Особенности и области применения технологий 3D-печати, лазерной резки/гравировки и фрезерования.
- Базовые свойства материалов (PLA, фанера) и требования к их обработке.

Учащийся будет уметь:

- Самостоятельно производить базовую настройку и калибровку станции для разных модулей.
- Подготавливать 3D-модели к печати с использованием слайсера.
- Создавать управляющие программы для лазерной гравировки и 2.5D фрезерования из векторных файлов.
- Изготавливать несложные изделия, выбирая оптимальную для задачи технологию.
- Проводить контроль качества готового изделия и устранять простейшие дефекты.
- Представлять и защищать свой творческий проект.

2. Учебный план программы

Наименование уровня программы	Номер и наименование модуля	Всего часов	Теория	Практика	Форма контроля
Базовый уровень изучения.	**Модуль 1. Введение в технологии ЧПУ и безопасность.**				
	Знакомство с историей и принципами ЧПУ. Изучение модульной станции DOBOT MOOZ 2 Plus. Правила безопасной эксплуатации.	10	4	6	Тестовый опрос по ТБ, практическая работа по сборке/калибровке станции.
	Модуль 2. Аддитивные технологии: 3D-печать.				
	Основы 3D-моделирования для печати. Подготовка модели к печати (слайсинг): настройка параметров (температура, заполнение, поддержки). Калибровка стола, работа с филаментом (PLA). Практика печати различных моделей.	40	10	30	Зачетное изделие, напечатанное на 3D-принтере.
	Модуль 3. Субтрактивные технологии: лазерная гравировка и резка.				
	Создание и подготовка векторных файлов для лазера. Настройка мощности, скорости и частоты для разных материалов (фанера, картон, акрил). Практика гравировки и резки. Фокусировка лазера.	40	8	32	Комплекс заданий: гравировка изображения и резка детали по векторному контуру.
	Модуль 4. Субтрактивные технологии: фрезерная обработка.				
	Основы 2.5D фрезерования. Подготовка управляющей программы (G-код) из векторного контура. Подбор и установка фрез. Крепление заготовки (фанера). Настройка нулевых точек и глубины реза.	30	6	24	Зачетная фрезерованная деталь (например, шильдик, знак).
	Модуль 5. Интеграционный творческий проект.				
	Разработка и реализация собственного проекта, сочетающего 2 или более технологии (напр., корпус из фанеры (лазер/фреза) с 3D-печатными деталями и лазерной гравировкой).	20	2	18	Защита и презентация готового комплексного проекта.

	Итого:	140	30	110	

3. Учебно-тематический план

Содержание учебно-тематического плана:

Модуль 1 формирует базовое понимание принципов ЧПУ и обеспечивает безопасную работу на оборудовании. Практические занятия направлены на освоение сборки и калибровки станции.

Модуль 2 посвящен освоению полного цикла 3D-печати - от создания модели до готового изделия. Учащиеся изучают различные аспекты слайсинга и получают практический опыт печати.

Модуль 3 охватывает технологии лазерной обработки материалов. Особое внимание уделяется подготовке векторных файлов и настройке параметров для разных материалов.

Модуль 4 знакомит с основами фрезерной обработки. Учащиеся осваивают создание управляющих программ и практикуются в обработке различных материалов.

Модуль 5 позволяет применить полученные знания в комплексном проекте, сочетающем несколько технологий изготовления. Развивает проектное мышление и творческие способности.

№	Наименование раздела и темы	Всего часов	Теория	Практика	Форма контроля
	Модуль 1. **Введение в технологии ЧПУ и безопасность**	**10**	**4**	**6**	
1	История развития ЧПУ. Основные понятия и принципы работы	2	2	0	
2	Знакомство с модульной станцией DOBOT MOOZ 2 Plus. Комплектация и возможности	2	1	1	
3	Правила безопасной эксплуатации. Инструктаж по технике безопасности	2	1	1	Тестовый опрос по ТБ
4	Практическая работа: сборка и базовая калибровка станции	4	0	4	Практическая работа
	Модуль 2. Аддитивные технологии: 3D-печать	**40**	**10**	**30**	
5	Основы 3D-моделирования для печати. Интерфейс программ для моделирования	4	2	2	
6	Создание простых 3D-моделей. Геометрические примитивы	4	1	3	
7	Подготовка модели к печати (слайсинг). Настройка базовых	4	2	2	

	параметров				
8	Работа с филаментом (PLA). Калибровка стола	4	1	3	
9	Продвинутые настройки слайсера: заполнение, поддержки, температуры	4	1	3	
10	Практика печати простых моделей	6	1	5	
11	Печать сложных моделей с поддержками	6	1	5	
12	Диагностика и устранение проблем при печати	4	1	3	
13	Зачетная работа по 3D-печати	4	0	4	Зачетное изделие
	Модуль 3. Субтрактивные технологии: лазерная гравировка и резка	**40**	**8**	**32**	
14	Принципы лазерной обработки материалов. Техника безопасности	2	1	1	
15	Создание векторных файлов для лазера. Основы работы с векторными редакторами	4	2	2	
16	Подготовка растровых изображений для гравировки	4	1	3	
17	Настройка параметров лазера: мощность, скорость, частота	4	1	3	
18	Фокусировка лазера. Калибровка рабочего поля	4	1	3	
19	Практика гравировки на различных материалах	6	1	5	
20	Практика резки фанеры и картона	6	0	6	
21	Работа с акрилом. Особенности обработки	4	1	3	
22	Создание комбинированных работ (гравировка + резка)	4	0	4	Комплекс заданий
23	Зачетная работа по лазерной	2	0	2	

	обработке				
	Модуль 4. Субтрактивные технологии: фрезерная обработка	**30**	**6**	**24**	
24	Основы 2.5D фрезерования. Виды фрез и их назначение	2	1	1	
25	Подготовка векторного контура для фрезерования	4	1	3	
26	Создание управляющей программы (G-код)	4	1	3	
27	Подбор и установка фрез. Крепление заготовки	4	1	3	
28	Настройка нулевых точек и глубины реза	4	1	3	
29	Практика фрезерования простых контуров	4	0	4	
30	Фрезерование сложных деталей с разной глубиной реза	4	1	3	
31	Зачетная работа по фрезерованию	4	0	4	Зачетная деталь
	Модуль 5. Интеграционный творческий проект	**20**	**2**	**18**	
32	Разработка концепции проекта. Выбор технологий изготовления	2	1	1	
33	Создание цифровых моделей для проекта	6	1	5	
34	Изготовление деталей проекта на станции	8	0	8	
35	Сборка и постобработка проекта	2	0	2	
36	Подготовка презентации и защита проекта	2	0	2	Защита проекта
	Итого:	**140**	**30**	**110**	

4. Содержание программы

4.1. Базовый уровень изучения

Модуль 1. Введение в технологии ЧПУ и безопасность (10 часов)

Теоретическая часть (4 часа):

Тема 1.1. История развития станков с ЧПУ: от перфокарт к современным системам. Основные понятия и принципы работы (координатные оси, система позиционирования, управляющая программа). Области применения ЧПУ в современной промышленности и прототипировании.

Тема 1.2. Знакомство с модульной образовательной станцией DOBOT MOOZ 2 Plus. Назначение и возможности каждого модуля (3D-печать, лазерная гравировка и резка, фрезерная обработка). Обзор комплектации и программного обеспечения.

Тема 1.3. Изучение инструкций по охране труда и технике безопасности. Строгие правила безопасной работы при эксплуатации электрооборудования, 3D-принтера (высокие температуры), лазерного модуля (пожарная безопасность, защита от излучения) и фрезерного модуля (вращающиеся части, стружка). Действия в случае возникновения нештатных ситуаций.

Практическая часть (6 часов):

Тема 1.4. Физическая сборка станции: установка и крепление модулей. Базовая калибровка: выравнивание строительной площадки (стола) для 3D-печати, фокусировка лазерного модуля, определение нулевых точек. Подключение к компьютеру и проверка связи. Знакомство с базовыми функциями управляющего программного обеспечения.

Модуль 2. Аддитивные технологии: 3D-печать (40 часов)

Теоретическая часть (10 часов):

Тема 2.1. Обзор программ для 3D-моделирования (Tinkercad, Fusion 360). Основы интерфейса. Принципы построения 3D-моделей для FDM-печати: ориентация, свесы, консольные элементы.

Тема 2.2. Основы работы с геометрическими примитивами, их преобразование и редактирование. Понятие сетки (mesh) и твердотельного моделирования.

Тема 2.3-2.5. Технологический процесс слайсинга. Назначение и настройка ключевых параметров в программе-слайсере (Ultimaker Cura): высота слоя, заполнение (инфилл), скорость печати, температура сопла и стола, обдув. Понятие поддержек (supports): когда они нужны, типы поддержек, настройка интерфейса слоя. Свойства филамента PLA: температурный режим, хранение, особенности печати.

Практическая часть (30 часов):

- Создание и печать простых моделей (брелок, простой сувенир).
- Калибровка стола для обеспечения равномерного прилипания первого слоя.
- Практика печати сложных моделей, требующих генерации поддержок (подставка для телефона, фигурка).
- Диагностика типичных дефектов печати ("спагетти", расслоение слоев, недоливы) и их устранение путем корректировки настроек слайсера.
- Зачетная работа: самостоятельная подготовка к печати и изготовление функционального изделия (например, корпус для электронных компонентов, держатель для ручек).

Модуль 3. Субтрактивные технологии: лазерная гравировка и резка (40 часов)

Теоретическая часть (8 часов):

Тема 3.1. Физические принципы лазерной гравировки и резки. Класс лазера и меры предосторожности. Пожарная безопасность при работе с лазерным модулем.

Тема 3.2-3.3. Работа в векторном редакторе (Inkscape). Создание и редактирование контуров для резки. Подготовка растровых (пиксельных) изображений для гравировки: коррекция контрастности, перевод в черно-белый формат.

Тема 3.4-3.5. Взаимосвязь мощности, скорости и количества проходов. Подбор параметров для разных материалов (фанера, картон, акрил). Процедура точной фокусировки лазера для достижения максимального качества обработки.

Практическая часть (32 часа):

- Создание векторного макета для резки (например, подвеска, модель домика).
- Гравировка фотографий и логотипов на фанере.
- Резка и гравировка акрила: особенности работы с данным материалом.
- Выполнение комбинированной работы, совмещающей гравировку изображения и резку контура в одном изделии (например, шкатулка с гравировкой).
- Комплексное задание: создание сборной 3D-модели (пазл, архитектурная модель) из вырезанных на лазере деталей.

Модуль 4. Субтрактивные технологии: фрезерная обработка (30 часов)

Теоретическая часть (6 часов):

Тема 4.1. Принцип 2.5D фрезерования. Отличие от 3D-фрезеровки. Основные типы фрез (концевые, V-образные), их назначение и геометрия.

Тема 4.2. Требования к векторным контурам для создания корректных траекторий движения фрезы.

Тема 4.3. Основы G-кода. Генерация управляющей программы в CAM-системе (Estlcam, встроенное ПО). Выбор стратегии резания (контурная, по площади).

Тема 4.4-4.5. Правила надежного крепления заготовки (струбцины, двухсторонний скотч). Методы точной установки нулевых точек по осям X, Y, Z. Понятие глубины реза и количество проходов.

Практическая часть (24 часа):

- Подбор и установка фрезы в цанговый патрон.
- Фрезерование простых контурных деталей (шильдик, табличка).
- Создание УП и фрезерование деталей с выборкой материала (2.5D обработка).
- Изготовление более сложной детали, требующей нескольких этапов обработки (например, с использованием фрез разного диаметра).
- Зачетная работа: фрезерование детали по собственному эскизу с соблюдением всех технологических этапов.

Модуль 5. Интеграционный творческий проект (20 часов)

Теоретическая часть (2 часа):

Тема 5.1. Основы проектной деятельности. Постановка задачи. Анализ возможности изготовления. Выбор оптимальных технологий (3D-печать, лазер, фреза) для создания различных компонентов одного изделия.

Практическая часть (18 часов):

Тема 5.2. Разработка и создание полного комплекта цифровых моделей для проекта (3D-модели для печати, векторные файлы для лазера/фрезы).

Тема 5.3. Изготовление всех деталей проекта на станции: печать пластиковых компонентов, лазерная резка/гравировка деталей из фанеры или акрила, фрезерование элементов.

Тема 5.4. Сборка проекта, склейка, постобработка (шлифовка, покраска).

Тема 5.5. Подготовка краткой презентации: описание идеи, демонстрация этапов работы, готового изделия. Ответы на вопросы.

5. Календарный учебный график

Наименование (номер) группы	Сроки реализации, количество учебных недель	Дисциплины (модули). Базовый уровень освоения	Всего академ. часов в год	Количество занятий в неделю	Продолжительность. одного занятия (мин)
1	2,5	Модуль 1. Введение в технологии ЧПУ и безопасность	10	4	40
1	10	Модуль 2. Аддитивные технологии: 3D-печать	40	4	40
1	10	Модуль 3. Субтрактивные технологии: лазерная гравировка и резка	40	4	40
1	7,5	Модуль 4. Субтрактивные технологии: фрезерная обработка	30	4	40
1	5	Модуль 5. Интеграционный творческий проект	20	4	40

6. Оценочные материалы

Система оценки результатов освоения программы строится на принципах **формирующего оценивания** и направлена на отслеживание динамики развития компетенций каждого обучающегося. Используются следующие формы диагностики:

Форма диагностики	Цель применения	Критерии оценивания
Стартовая диагностика (в начале программы)	Выявление начального уровня знаний и интересов обучающихся.	Активность в беседе, ответы на вопросы анкеты, выполнение простейшего практического задания (например, сборка модели из готовых деталей).
Текущая диагностика (в процессе каждого занятия)	Оценка усвоения материала конкретного занятия, своевременная коррекция деятельности.	Качество выполнения практических заданий на занятии, активность работы в программном обеспечении, правильность ответов на вопросы педагога.
Промежуточная диагностика (по итогам каждого модуля)	Проверка уровня достижения планируемых результатов по модулю.	Соответствие выполненной работы критериям, указанным в задании (точность, качество, сложность, самостоятельность).

Итоговая диагностика (защита творческого проекта)	Комплексная оценка сформированности всех видов компетенций.	Полнота реализации проекта, качество исполнения, глубина презентации, ответы на вопросы.

Формы диагностики успешного освоения модулей программы

Наименование модуля	Формы занятий	Формы подведения итогов	Уровни освоения знаний		
			Низкий уровень	Средний уровень	Высокий уровень
Модуль 1. Введение в технологии ЧПУ и безопасность	Лекция-беседа, демонстрация, практикум, инструктаж.	Тестовый опрос по ТБ, практическая работа по сборке/калибровке станции.	Знает базовые правила ТБ. Собирает и калибрует станцию с значительной помощью педагога.	Знает и соблюдает правила ТБ. Самостоятельно собирает и калибрует 2 модуля станции.	Свободно ориентируется в правилах ТБ, может объяснить их необходимость. Быстро и точно собирает и калибрует все модули станции, может найти и устранить простую неисправность.
Модуль 2. Аддитивные технологии: 3D-печать	Практикум, мастер-класс, лабораторная работа, индивидуальное проектирование.	Зачетное изделие, напечатанное на 3D-принтере. Отчет о настройках слайсера.	Создает простейшую модель. Печатает изделие с заметными дефектами по готовым настройкам.	Создает модель средней сложности. Подбирает базовые настройки слайсера. Печатает изделие с незначительными дефектами.	Создает сложную, оригинальную модель, пригодную для печати. Точно настраивает слайсер для получения качественного результата. Диагностирует и устраняет дефекты печати.
Модуль 3. Субтрактивные технологии: лазерная гравировка и резка	Практикум, работа в малых группах, экспериментирование с материалами.	Комплекс заданий: гравировка изображения и резка детали по векторному контуру. Создание сборной модели.	Создает простой векторный контур. Выполняет гравировку и резку с погрешностями (непрорезы, "ожоги").	Создает качественные векторные файлы. Подбирает параметры для разных материалов. Получает качественные	Создает сложные векторные макеты для сборных конструкций. Экспериментирует с настройками для достижения специальных эффектов. Создает комплексные изделия высокого

				результаты гравировки и резки.	качества.
Модуль 4. Субтрактивные технологии: фрезерная обработка	Практикум, решение технологических задач, индивидуальная работа на станке.	Зачетная фрезерованная деталь. Отчет по созданию УП (G-код).	Создает УП для простого контура с помощью педагога. Фрезерует деталь с нарушениями геометрии или сколами.	Самостоятельно создает УП для 2.5D обработки. Правильно устанавливает фрезу и заготовку. Получает деталь удовлетворительного качества.	Создает сложные УП с использованием разных стратегий резания. Точно настраивает станок, выбирает оптимальные режимы. Изготавливает сложные детали с высоким качеством обработки кромок.
Модуль 5. Интеграционный творческий проект	Проектная деятельность, консультации, презентация.	Защита и презентация готового комплексного проекта. Портфолио проекта (эскизы, фото этапов, модели).	Реализует проект по готовому алгоритму с постоянной помощью. Использует одну технологию изготовления. Презентация неструктурирована.	Самостоятельно реализует проект, сочетающий 2 технологии. Демонстрирует понимание этапов работы. Презентует результат.	Самостоятельно разрабатывает и реализует сложный проект, интегрирующий 3 технологии. Обосновывает выбор материалов и методов. Создает полноценное портфолио. Эффективно представляет и защищает свой проект.

7. Ресурсное обеспечение
7.1. Требования к помещениям и инфраструктур

Для успешной реализации данной рабочей программы необходимы следующие ресурсы:

7.1. Материально-техническое обеспечение
Оборудование:

- Модульная станция с ЧПУ DOBOT MOOZ 2 Plus (или аналогичная многофункциональная платформа) в количестве, достаточном для работы в малых группах (оптимально 1 станция на 2-3 обучающихся).
- Компьютеры или ноутбуки (не менее 5 шт.) с современными характеристиками, объединенные в локальную сеть.
- Проектор или интерактивная панель для демонстрации материалов.
- Цифровая фотокамера или смартфон для фиксации этапов работы и результатов.

Расходные материалы:

- Для модуля 3D-печати: PLA-пластик различных цветов.
- Для модуля лазерной гравировки и резки: фанера (3-5 мм), картон, оргстекло (акрил) толщиной до 3-5 мм.
- Для модуля фрезерной обработки: фанера (3-10 мм), моделистский воск, МДФ.
- Вспомогательные материалы: двухсторонний скотч, струбцины для крепления заготовок, клей для пластика и дерева, наждачная бумага для постобработки.
- Инструменты: набор для снятия поддержек, бокорезы, пинцет, штангенциркуль.

Помещение:

- Учебный кабинет площадью не менее 20-25 кв. м., отвечающий требованиям СанПиН.
- Обязательная приточно-вытяжная вентиляция и система дымоудаления для безопасной работы лазерного модуля.
- Наличие пожарного щита и огнетушителя.
- Стабильное электроснабжение с заземлением.

7.2. Информационно-методическое обеспечение
Программное обеспечение:

- Операционная система семейства Windows.
- Система автоматизированного проектирования (САПР) для 3D-моделирования: **Autodesk Tinkercad** (бесплатно, браузерно) и/или **Autodesk Fusion 360** (бесплатная лицензия для образования).
- Программа для создания векторной графики: **Inkscape** (бесплатно).
- Слайсер для 3D-печати: **Ultimaker Cura** (бесплатно).
- CAM-программа для генерации управляющих программ (G-кода) для лазерного и фрезерного модулей: **DOBOT LaserEngraver** (штатное ПО), **DOBOT Mooz 2 Plus App**, **Estlcam** (условно-бесплатная).
- Лицензионное программное обеспечение, поставляемое с оборудованием DOBOT.

Учебно-методические материалы:

- Рабочая программа и календарно-тематический план.
- Комплект презентаций по каждому тематическому модулю.
- Пошаговые инструкции (инфографика) по калибровке станции, настройке ПО, замене модулей.
- Банк типовых заданий и творческих проектов различного уровня сложности.
- Видеоуроки по ключевым темам программы (создание 3D-модели, настройка слайсера, работа в CAM-системе).
- Электронная библиотека готовых 3D-моделей и векторных файлов для тренировок.
- Памятки по технике безопасности для каждого вида работ.

7.3. Кадровое обеспечение

Педагог дополнительного образования, реализующий программу, должен иметь:

- Высшее или среднее профессиональное образование в области техники, технологий, информатики или педагогическое образование с соответствующей переподготовкой.
- Знание основ устройства и принципов работы станков с ЧПУ, технологий 3D-печати, лазерной резки и фрезерования.
- Уверенные навыки работы в ПО, указанном в п. 5.2.
- Опыт проектной деятельности с обучающимися.
- Постоянно заниматься самообразованием и повышением квалификации в области цифровых производственных технологий.

7.4. Внешние ресурсы и инфраструктура

- Сотрудничество: Возможно сотрудничество с центрами молодежного инновационного творчества (ЦМИТ), кванториумами, профильными вузами и колледжами для обмена опытом, проведения мастер-классов и получения консультаций.

- Интернет-ресурсы: Использование открытых образовательных платформ (Stepik, rutube-каналы по 3D-моделированию и ЧПУ), профессиональных сообществ и форумов для поиска решений технологических задач.

8. Список литературы

8.1. Основная литература для обучающихся:

1. Инструкция пользователя DOBOT MOOZ 2 Plus. – Официальное руководство от производителя.

2. Роберт Као, Мэттью Гриффит. 3D-печать для всех. Самоучитель. – М.: ДМК Пресс, 2021. – 254 с.

3. Энди Барнс, ДеАнн Барнс. Inkscape. Vector Graphic for Everyone. – М.: ДМК Пресс, 2020. – 210 с.

4. Ларс Бридер. Проектирование и 3D-печать в Tinkercad. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2022. – 180 с.

5. Электронный ресурс: «Академия DOBOT» – официальная онлайн-платформа с обучающими материалами, видеоуроками и проектами.

8.2. Основная литература для педагога:

1. В.П. Большаков, А.А. Чагина. Основы компьютерной графики. Автоматизированное проектирование в Tinkercad. – СПб.: Лань, 2023. – 320 с.

2. А.Н. Грызулин, Д.А. Погонин. Цифровое производство. От 3D-модели к изделию на станке с ЧПУ. – М.: Инфра-Инженерия, 2022. – 415 с.

3. С.А. Михайлов, К.С. Поликарпов. Технологии аддитивного производства (3D-печать). Учебное пособие. – М.: Форум, 2021. – 288 с.

4. Под ред. И.Ю. Щеголева. Лазерные технологии обработки материалов. Практикум для образовательных организаций. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2020. – 195 с.

5. В.В. Шишмарев. Основы технологии фрезерных работ на станках с ЧПУ. – М.: Академия, 2022. – 208 с.

8.3. Дополнительная литература:

1. Д. Ибадуллин. Fusion 360 для начинающих. – СПб.: Питер, 2023. – 240 с.

2. О.В. Коледова. Проектная деятельность в дополнительном образовании. Техническое творчество. – М.: Национальное образование, 2021. – 160 с.

3. А.С. Птухин. G-код для чпу. Практическое введение. – М.: Самиздат, 2022. – 115 с.

4. Электронный ресурс: «Цифровая школа» – образовательный портал с методическими разработками по техническому творчеству.

5. Журнал «Лаборотория знаний» – периодическое издание по актуальным вопросам STEM-образования.

8.4. Интернет-ресурсы и программное обеспечение:

1. Autodesk Tinkercad – https://www.tinkercad.com (бесплатная, браузерная платформа для 3D-моделирования).

2. Inkscape – https://inkscape.org/ (бесплатное программное обеспечение для редактирования векторной графики).

3. Ultimaker Cura – https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura (бесплатное программное обеспечение для слайсинга 3D-моделей).

4. Estlcam – https://www.estlcam.de/ (условно-бесплатное CAM-программное обеспечение для генерации G-кода).

5. Официальный форум поддержки DOBOT – https://forum.dobot.cc/ (сообщество пользователей и техническая поддержка).