



МУНИЦИПАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ГОРОДА НОВОСИБИРСКА

ЦЕНТР ОБРАЗОВАНИЯ № 82 «РАЗВИТИЕ»

Принято на заседании
Педагогического совета
Протокол № 1 от 26.09..2026г.

«УТВЕРЖДЕНО»

Приказ от 26.09.2026 г. № 67-од

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОБЩЕРАЗВИВАЮЩАЯ ПРОГРАММА

технической направленности

«3D-ПЕЧАТЬ НА ПРАКТИКЕ: ОТ СЛАЙСЕРА ДО ГОТОВОЙ ДЕТАЛИ»

для обучающихся 7-9 классов

Срок реализации: 1 год (34 часа)

Составитель: Полинтов Е.Д.
учитель информатики

Новосибирск
2026

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1.1. Нормативная основа

Рабочая программа курса внеурочной деятельности «3D-печать на практике: от слайсера до готовой детали» разработана в соответствии со следующими документами:

- Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (в действующей редакции);
- приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 31.05.2021 № 287 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования» (с изменениями и дополнениями);
- приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 18.05.2023 № 370 «Об утверждении федеральной образовательной программы основного общего образования» (с изменениями и дополнениями);
- федеральная рабочая программа по учебному предмету «Труд (технология). 5-9 классы», 2025 год;
- санитарные правила СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи» (в действующей редакции);
- СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (в действующей редакции);
- основная образовательная программа основного общего образования, программа воспитания и план внеурочной деятельности МАОУ ЦО «Развитие».

1.2. Общая характеристика, актуальность и отличительная особенность курса

Современный школьный 3D-принтер превращает цифровую модель в материальный объект только после отдельного технологического этапа - подготовки задания к печати. На этом этапе выбираются профиль оборудования и материал, ориентация модели, высота слоя, стенки, заполнение, температуры, скорость, охлаждение, поддержки и способ сцепления со столом. Ошибка в одном параметре может привести к браку, лишнему расходу пластика, потере времени или небезопасной ситуации.

Федеральная рабочая программа по предмету «Труд (технология)» предусматривает знакомство с настройкой 3D-принтера, параметрами слайсера, подготовкой задания, печатью и анализом ошибок. Однако в основном учебном курсе на эти действия отводится ограниченное время. Настоящая программа углубляет именно операторскую часть аддитивного производства и формирует устойчивый маршрут работы: проверить модель - выбрать профиль - спрогнозировать результат - выполнить слайсинг - проверить G-code - подготовить принтер - проконтролировать первый слой - оценить изделие - скорректировать параметры.

Отличительная особенность курса состоит в том, что обучение 3D-моделированию не дублируется. Для практических работ используются заранее подготовленные учебные модели и калибровочные образцы. Благодаря этому основное время посвящено осмысленной настройке слайсера, подготовке FDM/FFF-принтера, безопасному запуску, наблюдению за процессом и диагностике дефектов.

Основной программой-слайсером является бесплатная Ultimaker Cura. При наличии в школе другого программного обеспечения (OrcaSlicer, PrusaSlicer, Bambu Studio и др.) педагог может использовать эквивалентные инструменты и названия параметров без изменения планируемых результатов курса. Точные температуры, порядок калибровки и допустимые операции определяются инструкцией к конкретной модели принтера и материалу.

1.3. Адресат программы и условия набора

Программа предназначена для обучающихся 7-9 классов. Специальный отбор не проводится. Для начала обучения достаточно базовых навыков работы с персональным компьютером, файловой системой и трехмерными объектами. Предварительное владение САПР не является обязательным.

Рекомендуемая наполняемость группы - 6-10 человек. При одном 3D-принтере практические операции организуются по сменным ролям в малых группах: оператор слайсера, оператор принтера, контролер чек-листа и аналитик качества. Действия с нагретыми, движущимися, электрическими и режущими узлами выполняются только в пределах инструкции производителя и под непосредственным контролем педагога.

1.4. Цель и задачи курса

Цель курса - сформировать у обучающихся практические умения безопасно и осознанно готовить цифровую 3D-модель к FDM/FFF-печати в слайсере, подготавливать принтер, запускать и контролировать печать, оценивать качество изделия и корректировать параметры.

Задачи курса:

- сформировать представление о полном технологическом цикле FDM/FFF-печати и назначении основных узлов 3D-принтера;
- научить выбирать корректные профили принтера, сопла и материала, импортировать, ориентировать и размещать модель на рабочем столе слайсера;
- раскрыть влияние основных параметров печати на качество, прочность, время и расход материала;
- научить анализировать послойный предпросмотр, безопасно сохранять и передавать G-code на принтер;
- сформировать последовательность предпусковой проверки, подготовки поверхности, загрузки филамента и контроля первого слоя;
- научить распознавать типовые дефекты печати, различать программные, материальные и механические причины, предлагать проверяемые корректировки;
- развивать алгоритмическое, техническое и исследовательское мышление через калибровочные эксперименты по принципу «изменяется один параметр»;
- воспитывать ответственное отношение к оборудованию, безопасному труду, материалам, энергии, командной работе и качеству результата;
- расширить представления о профессиях, связанных с аддитивными технологиями, прототипированием и цифровым производством.

1.5. Место курса в плане внеурочной деятельности

Срок реализации программы - 1 учебный год. Общий объем - 34 академических часа. Занятия проводятся один раз в неделю по 40 минут в очной форме. Из общего объема 9 часов отводится на

преимущественно теоретическую работу и 25 часов - на практическую. Теоретические сведения вводятся непосредственно перед выполнением операций и закрепляются на калибровочных образцах, послойном предпросмотре и реальных отпечатках.

1.6. Формы и методы организации занятий

- мини-лекция и демонстрация технологической операции;
- практикум в слайсере;
- лабораторная работа с калибровочным образцом;
- анализ кейса и фотографии дефекта;
- работа по чек-листу и взаимная проверка;
- работа в малой группе со сменой производственных ролей;
- учебный эксперимент с фиксацией параметров и результатов;
- итоговый практический зачет и защита карты печати.

Основной методический цикл занятия: прогноз результата - настройка - послойная проверка - печать или моделирование процесса - измерение и наблюдение - вывод - корректировка. Для печати, длительность которой превышает время занятия, запуск и первый слой выполняются обучающимися на занятии, дальнейший процесс проходит только в установленном школой режиме под контролем педагога, а анализ изделия переносится на следующее занятие.

1.7. Взаимосвязь с программой воспитания

Курс соединяет учебную и воспитательную деятельность через реальный технический труд. Обучающиеся отвечают не только за цифровые настройки, но и за безопасность команды, исправность рабочего места, рациональный расход пластика и электроэнергии, достоверность записей в карте печати и качество готового изделия.

- трудовое воспитание реализуется через освоение технологической дисциплины, культуры рабочего места и ценности мастерства;
- экологическое воспитание - через расчет расхода материала, снижение брака, повторное использование учебных образцов и ответственную утилизацию отходов в соответствии с локальными правилами;
- ценности научного познания - через постановку эксперимента, измерение, сравнение и аргументированный вывод;
- профориентация - через знакомство с деятельностью оператора аддитивных установок, техника-технолога, инженера-конструктора и специалиста по прототипированию;
- коммуникативное воспитание - через распределение ролей, взаимный контроль и корректное обсуждение ошибок без поиска виноватого.

2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ КУРСА

2.1. Личностные результаты

- осознание ценности безопасного, ответственного и качественного труда;
- готовность соблюдать технологическую дисциплину и принимать ответственность за действия с оборудованием;

- бережное отношение к материалам, энергии, инструментам и результатам труда других людей;
- интерес к техническому творчеству, аддитивным технологиям и инженерным профессиям;
- готовность признавать ошибку настройки как источник данных для улучшения результата;
- формирование установки на сотрудничество, взаимопомощь и спокойное обсуждение производственных проблем.

2.2. Метапредметные результаты

Регулятивные действия

- ставить цель печати и определять критерии качества изделия;
- планировать последовательность действий по чек-листу и распределять время;
- сопоставлять прогноз с послойным предпросмотром и реальным отпечатком;
- обнаруживать отклонение, выбирать один проверяемый параметр для изменения и оценивать результат;
- вести карту печати и выполнять самооценку по критериям.

Познавательные действия

- выделять существенные свойства модели, материала и оборудования;
- устанавливать причинно-следственные связи между настройкой и дефектом;
- читать таблицы параметров, послойный предпросмотр, условные обозначения и данные измерений;
- сравнивать профили по качеству, времени и расходу материала;
- проводить простой управляемый эксперимент, фиксировать данные и формулировать вывод.

Коммуникативные действия

- работать в группе со сменой ролей и нести ответственность за свою часть технологического процесса;
- точно называть проблему, сообщать о риске и запрашивать помощь педагога;
- аргументировать выбор профиля и параметров, опираясь на задачу и данные;
- проводить взаимную проверку по чек-листу без вмешательства в чужой файл или оборудование без согласования;
- представлять карту печати и кратко защищать принятое техническое решение.

2.3. Предметные результаты

По завершении курса обучающийся будет знать и объяснять:

- назначение слайсера и место слайсинга в цепочке от 3D-модели до изделия;
- различия между STL/OBJ, 3MF, проектом слайсера и G-code на уровне их назначения;
- назначение основных узлов FDM/FFF-принтера и основные зоны риска;
- базовые свойства PLA и PETG, требования к маркировке и хранению филамента;
- влияние ориентации, высоты слоя, ширины линии, стенок, верхних и нижних слоев, заполнения, температур, скорости, охлаждения, поддержек и адгезии;
- признаки корректного и некорректного первого слоя;

- типовые признаки stringing, недоэкструзии, переэкструзии, warping, «слоновой ноги», смещения слоев и ringing;
- границы самостоятельных действий обучающегося и случаи обязательной остановки работы и обращения к педагогу.

По завершении курса обучающийся будет уметь:

- выбрать и проверить профиль принтера, диаметр сопла и материал;
- импортировать, масштабировать, поворачивать, зеркально отражать, ориентировать и рационально размещать модель;
- настроить базовые параметры печати под учебную задачу и сохранить проект;
- выполнить слайсинг, прочитать послойный предпросмотр, обнаружить очевидные ошибки траектории и оценить время и расход материала;
- сформировать G-code только для выбранного оборудования и безопасно передать файл на принтер;
- выполнить разрешенные инструкцией предпусковые операции, подготовить поверхность и филамент под контролем педагога;
- запустить печать, наблюдать первый слой, безопасно остановить процесс при явном отклонении;
- измерить калибровочный образец, описать дефект, выдвинуть причину и предложить одно обоснованное изменение;
- заполнить карту печати и представить принятое техническое решение.

3. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

Раздел 1. Введение в FDM/FFF-печать и безопасность - 3 часа

Технологическая цепочка аддитивного производства. Назначение слайсера. Входная диагностика. Правила поведения в кабинете и безопасной работы с компьютером, 3D-принтером и инструментами.

Устройство FDM/FFF-принтера: рама, оси, двигатели, концевые датчики, экструдер, хотэнд, сопло, нагреваемый стол, вентиляторы, поверхность печати, экран или панель управления. Горячие, движущиеся, электрические и острые зоны риска.

Файлы STL/OBJ, 3MF, проект слайсера и G-code. Демонстрация полного маршрута от готовой модели до изделия. Правило совместимости G-code с конкретным принтером.

Раздел 2. Материалы и подготовка принтера - 6 часов

Филаменты PLA и PETG: назначение, маркировка, хранение, признаки влажного или загрязненного материала. Базовый учебный материал - PLA. Другие материалы применяются только при наличии соответствующего оборудования, вентиляции и разрешения педагога.

Организация рабочего места и предпусковой визуальный осмотр. Проверка свободного хода осей без ручного принудительного перемещения, состояния поверхности, кабелей, катушки и зоны печати в пределах инструкции производителя.

Разрешенные операции загрузки и выгрузки филамента, продувки и контроля подачи. Подготовка и очистка поверхности средствами, разрешенными производителем.

Выравнивание стола, mesh leveling и Z-offset как разные способы обеспечения первого слоя. Практическая работа по оценке рисунка первого слоя и заполнению чек-листа.

Раздел 3. Базовая работа в Ultimaker Cura - 8 часов

Интерфейс слайсера. Создание или выбор профиля принтера, сопла и материала. Импорт модели, масштабирование, вращение, зеркальное отражение, размещение по координатам.

Ориентация модели с учетом устойчивости, площади контакта, количества поддержек, качества поверхности и направления слоев. Проверка масштаба и габаритов.

Основные параметры: высота слоя, ширина линии, количество стенок, верхние и нижние слои, плотность и рисунок заполнения, температура, скорость и охлаждение.

Команда «Slice» и режим «Preview». Просмотр слоев, оболочек, заполнения, поддержек, перемещений и первого слоя. Оценка времени и расхода материала. Сохранение проекта и профиля, именование версий, формирование и передача G-code.

Раздел 4. Управление качеством, поддержками и ресурсами - 7 часов

Свесы и мосты. Выбор ориентации до добавления поддержек. Типы и размещение поддержек, плотность, интерфейс, зазоры, локальные блокировщики и риски трудного удаления.

Средства адгезии в слайсере: skirt, brim и raft. Параметры первого слоя. Выбор способа по геометрии и материалу.

Размещение нескольких моделей на столе, безопасные интервалы, серийная печать без использования последовательного режима при отсутствии отдельного инструктажа. Расчет времени и массы филамента.

Компромисс «качество - прочность - время - материал». Учебный эксперимент с изменением одного параметра. Сравнение трех профилей одной модели и обоснование выбора.

Раздел 5. Калибровка и диагностика дефектов - 6 часов

Калибровочный куб: измерение размеров, геометрия, шов, углы и первый слой. Температурный тест: внешний вид поверхности, мосты и нависания. Тест ретракта: нити, перемещения и шов.

Недоэкструзия и переэкструзия: возможные причины со стороны материала, подачи, температуры, профиля и сопла. Любая разборка хотэнда и электрической части выполняется только педагогом или уполномоченным специалистом.

Warping, «слоновья нога», смещение слоев, ringing/ghosting: карта признаков и причин. Различение настроек слайсера, состояния материала и механических причин.

Безопасная остановка неудачной печати, ожидание охлаждения, снятие детали разрешенным инструментом, первичная постобработка и фиксация инцидента.

Раздел 6. Итоговый практикум - 4 часа

Получение технического задания и готовой учебной модели. Проверка целостности, масштаба и габаритов. Выбор ориентации и прогноз рисков.

Подготовка двух вариантов профиля, сравнение по времени, массе и ожидаемому качеству, аргументированный выбор. Заполнение карты печати.

Предпусковая проверка, передача G-code, запуск и контроль первого слоя в группе со сменой ролей.

Оценка и измерение изделия, описание отклонений, предложение корректировки, защита карты печати и итоговый практический зачет.

4. УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Распределение теоретической и практической работы является преимущественным: в каждом занятии краткое объяснение может сочетаться с практической операцией, наблюдением или рефлексией.

№	Раздел	Всего	Теория	Практика	Формы контроля
1	Введение в FDM/FFF-печать и безопасность	3	2	1	Входная диагностика, наблюдение, памятка по безопасности
2	Материалы и подготовка принтера	6	2	4	Чек-лист, практическая работа «Первый слой»
3	Базовая работа в Ultimaker Cura	8	2	6	Файл проекта 3MF, послойный предпросмотр, G-code
4	Управление качеством, поддержки и ресурсами	7	2	5	Сравнение профилей, карта эксперимента
5	Калибровка и диагностика дефектов	6	1	5	Калибровочные образцы, карта дефекта
6	Итоговый практикум	4	0	4	Практический зачет, карта печати, защита
	Итого	34	9	25	

5. ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

№	Тема занятия	Часы	Вид деятельности	Практический продукт / контроль	ЦОР
1	Вводное занятие. Цели курса, входная диагностика, правила безопасной работы	1	Беседа, демонстрация	Диагностическая карта; памятка по безопасности	1, 2, 8
2	Устройство FDM/FFF-принтера. Технологический цикл и зоны риска	1	Демонстрация, работа со схемой	Схема узлов; устный опрос	1, 8
3	Цепочка файлов: STL/OBJ, 3MF, проект слайсера, G-code	1	Практикум	Правильно собранная последовательность; мини-тест	2, 3
4	Филаменты PLA и PETG: выбор, маркировка, хранение, профиль материала	1	Исследование образцов	Карточка сравнения материалов	1, 6, 8
5	Рабочее место и предпусковой визуальный осмотр принтера	1	Практикум по чек-листу	Заполненный чек-лист	8
6	Загрузка и выгрузка филамента. Контроль подачи и продувка	1	Демонстрация, практикум	Наблюдение по критериям	8
7	Поверхность печати: чистота, подготовка и адгезия	1	Практическая работа	Подготовленная поверхность; объяснение выбора	7, 8
8	Выравнивание стола, mesh leveling, Z-offset и первый слой	1	Демонстрация, анализ образцов	Карта признаков первого слоя	7, 8
9	Практическая работа «Первый слой»: подготовка, запуск, оценка	1	Групповой практикум	Образец первого слоя; чек-лист	7, 8

№	Тема занятия	Часы	Вид деятельности	Практический продукт / контроль	ЦОР
10	Интерфейс Ultimaker Cura. Профиль принтера, сопла и материала	1	Практикум в слайсере	Корректный учебный профиль	3, 8
11	Импорт модели. Масштабирование, вращение, отражение, координаты	1	Практикум	Файл 3MF с заданными преобразованиями	3
12	Ориентация и размещение модели: устойчивость, прочность, поверхность	1	Кейс, практикум	Три ориентации и обоснованный выбор	1, 2, 3
13	Высота слоя и ширина линии: качество и время	1	Практикум, сравнение	Таблица прогноза трех вариантов	3, 4
14	Стенки, верхние и нижние слои, заполнение: прочность детали	1	Практикум	Профили «легкий» и «прочный»	1, 3
15	Температура, скорость и охлаждение	1	Кейс, практикум	Корректировка профиля по условию	3, 6, 8
16	Слайсинг и режим Preview: чтение слоев и траекторий	1	Практикум	Отмеченные риски в предпросмотре	2, 3, 4
17	Сохранение проекта и профиля. Имена версий и безопасная передача G-code	1	Практикум	3MF, профиль и G-code с корректными именами	3, 8
18	Свесы и мосты. Когда поддержка действительно нужна	1	Анализ моделей	Карта свесов и мостов	1, 5
19	Поддержки: размещение, плотность, интерфейс и зазоры	1	Практикум	Два варианта поддержек; прогноз удаления	3, 5
20	Локальное управление поддержками и разделение модели	1	Практикум	Проект с локальной корректировкой	3, 5
21	Адгезия в слайсере: skirt, brim, raft и параметры первого слоя	1	Практикум	Обоснованный выбор для трех моделей	3, 7
22	Размещение нескольких моделей и расчет ресурсов	1	Практикум	План стола; расчет времени и массы	1, 3
23	Учебный эксперимент: изменяется один параметр	1	Лабораторное планирование	План эксперимента и критерии	1, 4, 6
24	Сравнение трех профилей: качество, прочность, время, материал	1	Практическая работа	Сравнительная таблица; вывод	1, 3, 4, 6
25	Калибровочный куб: геометрия, размеры, шов и углы	1	Лабораторная работа	Измерения; карта качества	1, 8
26	Температурный тест: поверхность, мосты и нависания	1	Лабораторная работа	Рекомендуемый диапазон для учебной катушки	4, 6, 8
27	Ретракт: stringing, перемещения и шов	1	Лабораторная работа	Карта теста; одна обоснованная корректировка	3, 8
28	Недоэкструзия, переэкструзия и flow. Признаки засора	1	Анализ дефектов	Диагностическая карта	6, 8
29	Warping, «слоновья нога», смещение слоев и ringing	1	Кейс, классификация причин	Карта «признак - причина - проверка»	1, 7, 8
30	Безопасная остановка, охлаждение, снятие и первичная постобработка	1	Практикум	Карта инцидента; наблюдение	8
31	Итоговое задание: проверка модели, ориентация, критерии и прогноз рисков	1	Индивидуальный практикум	Черновик карты печати	1, 2, 3
32	Два профиля для одной задачи: сравнение и выбор	1	Индивидуальный практикум	Два профиля; письменное обоснование	3, 4, 5, 6

№	Тема занятия	Часы	Вид деятельности	Практический продукт / контроль	ЦОР
33	Предпусковая проверка, запуск и контроль первого слоя	1	Групповой практический зачет	Чек-лист; журнал запуска	7, 8
34	Контроль качества, измерение, корректировка и защита карты печати	1	Практический зачет, защита	Изделие; заполненная карта; рефлексия	1-8

Примечание. Номера ЦОР соответствуют перечню в разделе 9. ЦОР-8 всегда означает инструкцию производителя конкретного школьного принтера; она имеет приоритет в вопросах температур, калибровки, загрузки материала и допустимых действий пользователя.

6. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

6.1. Виды контроля

- входной контроль - короткая диагностика знаний о файлах, безопасной работе и назначении слайсера; результат используется для подбора уровня заданий и не оценивается отметкой;
- текущий контроль - наблюдение, устный опрос, мини-тест, файл 3MF, профиль, скриншот или демонстрация послойного предпросмотра, заполненный чек-лист, калибровочный образец, карта дефекта;
- итоговый контроль - практический зачет: подготовка учебной модели, сравнение профилей, предпусковая проверка, запуск под контролем педагога, анализ качества и защита карты печати.

6.2. Критерии итогового практического зачета

№	Критерий	Показатели
1	Безопасность и предпусковая проверка	0 - нарушает последовательность или требует постоянных подсказок; 1 - выполняет с одной подсказкой; 2 - самостоятельно выполняет и объясняет пункты чек-листа.
2	Профиль оборудования и подготовка модели	0 - профиль/масштаб неверны; 1 - исправляет после указания; 2 - самостоятельно выбирает и проверяет профиль, масштаб, ориентацию и размещение.
3	Выбор параметров	0 - параметры случайны или противоречат задаче; 1 - выбор частично обоснован; 2 - выбор согласован с качеством, прочностью, временем и материалом.
4	Послойный предпросмотр и файл	0 - не проверяет Preview или формирует файл для неверного принтера; 1 - находит основные элементы с подсказкой; 2 - самостоятельно проверяет первый слой, оболочки, заполнение, поддержки, перемещения и имя файла.
5	Запуск и контроль первого слоя	0 - не распознает явное отклонение; 1 - распознает с подсказкой; 2 - корректно запускает в разрешенных пределах, наблюдает и аргументирует решение продолжить или остановить.
6	Анализ качества и документация	0 - описание не связано с данными; 1 - фиксирует результат и называет возможную причину; 2 - использует измерение/наблюдение, формулирует причину и одну проверяемую корректировку.

Максимальная сумма - 12 баллов. Результат «зачтено» выставляется при сумме не менее 8 баллов, наличии не менее 1 балла по каждому критерию и отсутствии критического нарушения безопасности. При результате «не зачтено» обучающийся получает конкретную рекомендацию и повторяет только недостающую часть практической работы.

Критическими нарушениями считаются: самостоятельный запуск без разрешения педагога; прикосновение к нагретым или движущимся узлам; вмешательство в электрическую часть; применение неразрешенного инструмента или материала; игнорирование команды остановки; формирование или запуск G-code для заведомо другого принтера без проверки профиля.

7. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

7.1. Материально-техническое обеспечение

- учебный кабинет, соответствующий требованиям к организации занятий с компьютерной и технологической техникой;
- персональные компьютеры или ноутбуки - один на одного-двух обучающихся;
- мультимедийный проектор или интерактивная панель;
- Ultimaker Cura актуальной стабильной версии либо функционально сопоставимый слайсер;
- не менее одного исправного FDM/FFF 3D-принтера с руководством пользователя; рекомендуется один принтер на 3-5 обучающихся;
- филамент PLA, соответствующий диаметру и требованиям принтера; PETG - для сравнительной демонстрации при допустимых условиях;
- съемные или штатные поверхности печати, средства очистки и адгезии, разрешенные производителем;
- учебные STL/3MF-модели, калибровочные образцы и заранее подготовленные файлы для сравнения;
- штангенциркуль, линейка, пинцет, бокорезы и инструмент для снятия детали - с разграничением операций по возрасту и инструкции;
- контейнеры для образцов и отходов, карточки дефектов, чек-листы, карты печати;
- средства пожарной безопасности и проветривания в соответствии с локальными требованиями школы.

7.2. Программно-методическое обеспечение

- установленный и заранее проверенный профиль конкретного школьного принтера;
- папка учебных моделей трех уровней сложности;
- набор коротких калибровочных заданий, укладываемых в доступное время печати;
- фотокаталог типовых дефектов и реальные образцы удачной и неудачной печати;
- демонстрационные профили «быстро», «качественно», «прочно» с пояснениями, а не как универсальные рецепты;
- локальная копия инструкции производителя и алгоритм аварийной остановки;
- карты печати и чек-листы из приложений к программе.

Для дифференциации базовый уровень предполагает изменение одного параметра в готовом профиле и объяснение результата. Повышенный уровень предполагает сравнение двух-трех профилей, самостоятельный выбор критериев и расчет расхода материала. На одном занятии изменяется не более одного исследуемого параметра, если цель работы - установить причинную связь.

8. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ

Конкретные правила определяются паспортом оборудования, инструкциями по охране труда, пожарной безопасности и локальными актами школы. Ниже приведены обязательные организационные границы курса.

- обучающиеся работают с 3D-принтером только в присутствии и с разрешения педагога;
- до запуска проверяются профиль принтера и сопла, материал, состояние кабелей и поверхности, свободная зона движения, установка катушки и отсутствие посторонних предметов;
- запрещено касаться сопла, хотэнда, нагреваемого стола и детали до охлаждения;
- запрещено помещать руки в рабочую зону при движении осей и пытаться останавливать механизм рукой;
- корпус электроники не вскрывается; подключение, ремонт, прошивка и механическая регулировка выполняются педагогом или уполномоченным специалистом;
- инструмент для снятия и обработки детали используется на устойчивой поверхности, движением от себя; операции, не разрешенные обучающемуся, выполняет педагог;
- печать ведется только материалами и режимами, допустимыми для помещения и оборудования; базовый материал курса - PLA;
- помещение проветривается в установленном режиме; материалы, требующие специальных температур, закрытой камеры или локальной вытяжки, без таких условий не применяются;
- первый слой каждой учебной печати наблюдается; при отрыве модели, скоплении пластика на сопле, постороннем шуме, запахе перегретой электроники, дыме или сообщении об ошибке печать останавливается штатным способом, питание отключается по инструкции, педагог извещается немедленно;
- готовая деталь снимается после охлаждения стола и только способом, указанным производителем; рабочее место приводится в порядок, результат и отклонения фиксируются.

9. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ И МЕТОДИЧЕСКАЯ ОСНОВА

Дата обращения к электронным ресурсам: 27.08.2026.

1. ЦОР-1. Федеральная рабочая программа «Труд (технология). 5-9 классы». [Открыть источник](#) (официальный ресурс)
2. ЦОР-2. «Этапы аддитивного производства. Подготовка к печати. Печать 3D-модели». [Открыть источник](#) (ФГИС «Моя школа»)
3. ЦОР-3. UltiMaker Cura: официальный сайт и загрузка. [Открыть источник](#) (официальный ресурс разработчика)
4. ЦОР-4. UltiMaker Cura: Quality settings. [Открыть источник](#) (официальная документация)
5. ЦОР-5. UltiMaker Cura: Support settings. [Открыть источник](#) (официальная документация)
6. ЦОР-6. UltiMaker Cura: Material settings. [Открыть источник](#) (официальная документация)
7. ЦОР-7. First Layer Calibration. [Открыть источник](#) (наглядный материал; порядок действий сверяется с инструкцией школьного принтера)
8. ЦОР-8. Руководство пользователя и инструкция по безопасности конкретной модели школьного 3D-принтера (локальный обязательный источник).

Изученные программы-аналоги

1. Рабочая программа внеурочной деятельности «Основы 3D-печати», 7 класс, 34 часа. [Открыть источник](#) (МБОУ Школа № 81, Самара)

2. Дополнительная общеобразовательная программа «3D-моделирование в конструировании», модуль «Принцип работы с 3D-принтером. 3D-печать», 16 часов. [Открыть источник](#) (МОУ «Девлезеркинская СОШ»)
3. Дополнительная общеразвивающая программа «Основы компьютерного моделирования и 3D-печать», 32 часа. [Открыть источник](#) (2025)

Анализ аналогов показал, что большинство программ объединяет моделирование и печать, поэтому настройке слайсера и подготовке принтера обычно отводится 3-16 часов. В настоящей программе эти действия выделены в самостоятельный 34-часовой курс; добавлены калибровочные эксперименты, диагностика дефектов, послойная проверка и формализованный предпусковой контроль.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ПРЕДПУСКОВОЙ ЧЕК-ЛИСТ УЧЕБНОЙ 3D-ПЕЧАТИ

№	Проверка	Отметка
1	Выбран профиль именно этого принтера, установленного сопла и материала.	
2	Проверены масштаб, ориентация, положение модели и границы рабочего стола.	
3	В Preview просмотрены первый слой, стенки, заполнение, поддержки и перемещения.	
4	Имя файла однозначно: модель, профиль/материал, версия; G-code сформирован заново.	
5	Принтер устойчив, кабели и разъемы визуально целы, сообщений об ошибке нет.	
6	Поверхность установлена и очищена разрешенным способом; на столе нет посторонних предметов.	
7	Катушка соответствует профилю, вращается свободно, филамент загружен без перегибов.	
8	Рабочая зона осей свободна; инструменты и руки находятся вне зоны движения.	
9	Педагог проверил готовность и разрешил запуск; оператор знает способ штатной остановки.	
10	Первый слой наблюдается до подтверждения нормальной адгезии и подачи материала.	

Решение по первому слою: продолжить / остановить и исправить. Причина:

Оператор: _____ Контролер: _____

Педагог: _____

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. КАРТА УЧЕБНОЙ 3D-ПЕЧАТИ

Параметр	Запись
Обучающийся / группа	
Дата, название модели и задача	
Принтер / сопло / материал	
Файл и версия проекта	
Ориентация и причина выбора	
Высота слоя / ширина линии	
Стенки / верх-низ / заполнение	
Температура сопла и стола / скорость / охлаждение	
Поддержки / адгезия	
Прогноз: время / масса	
Наблюдение первого слоя	
Результат: размеры, поверхность, прочность, дефекты	
Предполагаемая причина отклонения	
Одно изменение для следующей печати и ожидаемый эффект	

Вывод: цель достигнута / достигнута частично / не достигнута. Обоснование:
