

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



Министерство просвещения Российской Федерации

ИНСТИТУТ СОДЕРЖАНИЯ  
И МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ

имени В.С. ЛЕДНЕВА

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ОБОРУДОВАНИЯ  
ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ НА УРОКАХ ТРУДА  
(ТЕХНОЛОГИИ)**

Москва  
2026

УДК 371.39  
ББК 74.264  
М54

**Авторский коллектив:**

*О.Н. Логвинова*, кандидат педагогических наук, ведущий эксперт Управления педагогического проектирования ФГБНУ «Институт содержания и методов обучения имени В.С. Леднева»

*А.Н. Хаулин*, кандидат педагогических наук, доцент кафедры профессионального и технологического образования физико-математического факультета ФГАОУ ВО «Государственный университет просвещения»

*А.И. Князева*, учитель труда (технологии), ГБОУ Школа № 1449, г. Москва

М54

**Методические рекомендации по использованию оборудования для 3D-печати на уроках труда (технологии)** / О.Н. Логвинова, А.Н. Хаулин, А.И. Князева. – Москва : ФГБНУ «Институт содержания и методов обучения имени В.С. Леднева», 2026. – 31 с. : ил.

ISBN 978-5-908143-11-0

В методических рекомендациях представлена характеристика оборудования, используемого в общеобразовательных организациях для выполнения практических работ и учебных проектов на уроках труда (технологии) в рамках инвариантного модуля «3D-моделирование, прототипирование, макетирование»: 3D-принтеров, сканеров, а также материалов для печати.

Методические рекомендации предназначены для использования учителями труда (технологии) для организации преподавания инвариантного модуля «3D-моделирование, прототипирование, макетирование» в 7–9 классах.

Методическое пособие разработано в рамках государственного задания ФГБНУ «Институт стратегии развития образования им. В. С. Леднева» на 2026 г. «Обновление содержания общего образования».

**УДК 371.39  
ББК 74.264**

**ISBN 978-5-908143-11-0**

© ФГБНУ «Институт содержания и методов обучения  
им. В. С. Леднева», 2026  
Все права защищены

## Содержание

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение.....                                                                                | 4  |
| Классификация 3D-принтеров .....                                                             | 8  |
| Требования к материалам для печати в общеобразовательных организациях .....                  | 12 |
| Оптимальные характеристики 3D-принтера для использования в образовательных организациях..... | 15 |
| Правила безопасного пользования 3D-принтером.....                                            | 16 |
| Изготовление моделей и прототипов с использованием 3D-принтера.....                          | 18 |
| 3D-сканер: устройство и применение .....                                                     | 26 |
| <i>Литература</i> .....                                                                      | 30 |

## Введение

Стратегические задачи, определенные для системы общего образования, связаны с развитием экономики России, технологического образования, обеспечивающего подготовку подрастающего поколения к жизни в современном обществе, подготовку квалифицированных кадров для цифровой экономики.

Национальные проекты Российской Федерации 2025–2030 гг. (<https://национальныепроекты.рф/>), нацеленные на реализацию стратегии, связанной с достижением технологического суверенитета, продовольственной безопасности, вхождением страны в число мировых лидеров по роботизации и автоматизации промышленных процессов, определяют перспективы развития и для системы общего образования:

– **Нацпроект «Кадры».** Целью национального проекта является удовлетворение потребности экономики в кадрах на основе дополнительного вовлечения в занятость. «Технологический прогресс и экономический рост России напрямую зависят от квалифицированных специалистов. Они – движущая сила предприятий всех секторов экономики: от социальной сферы до инновационных и технологичных компаний. Именно от их умений и навыков зависит работа локальных производств и глобальных отраслей» [2].

– **Нацпроект «Эффективная и конкурентная экономика».** Целью национального проекта является обеспечение устойчивого экономического развития, основанного на конкуренции, предпринимательстве, в том числе высокотехнологичном, и частной инициативе. «Развитие технологических компаний – в числе первостепенных для государства отраслей. Среди основных задач федпроекта – поддержка исследований и разработок в приоритетных технологических направлениях, создание инновационных кластеров и центров компетенций, поддержка малых технологических компаний, в том числе льготное кредитование, участие в акселераторах, прототипирование, предоставление статуса резидента технопарка. Все это позволит усилить технологический потенциал страны» [5].

– **Нацпроект «Экономика данных и цифровая трансформация государства».** Целью национального проекта является цифровая трансформация государственного и муниципального управления, экономики и социальной сферы за счёт обеспечения кибербезопасности, бесперебойного доступа к Интернету, подготовки квалифицированных кадров для ИТ-отрасли,

цифрового госуправления, развития отечественных цифровых платформ, программного обеспечения, перспективных разработок и искусственного интеллекта. «За технологическим развитием страны стоят прежде всего квалифицированные специалисты. В ИТ-сфере без них невозможна разработка отечественного ПО, создание суперсовременных квантовых компьютеров и устойчивой системы противостояния киберугрозам, надежно защищающей данные граждан, компаний и ведомств» [4].

– **Нацпроект «Молодежь и дети».** Целью национального проекта является становление и развитие поколения российских граждан, патриотически настроенного, высоконравственного и ответственного, способного обеспечить суверенитет, конкурентоспособность и дальнейшее развитие России. «Будущее страны определяют сегодняшние дети и молодые люди – инициативные, широко мыслящие, готовые брать на себя ответственность и действовать в команде, умеющие ставить цели и добиваться их» [3].

С задачами национальных проектов согласуются задачи, обозначенные в Федеральной рабочей программе основного общего образования по учебному предмету «Труд (технология)» (для 5–9 классов образовательных организаций) (далее – ФРП ООО «Труд (технология)») [11].

ФРП ООО «Труд (технология)» интегрирует знания по разным учебным предметам и является одной из базовых для формирования у обучающихся функциональной и технологической грамотности, технико-технологического, проектного, креативного и критического мышления, культуры проектной и исследовательской деятельности, готовности к предложению и осуществлению новых технологических решений, воспитания отношения к труду как созидательной деятельности человека по созданию материальных и духовных ценностей, готовности к осознанному выбору будущей профессии.

Содержание инвариантных модулей ФРП ООО «Труд (технология)»: «Производство и технологии», «Компьютерная графика. Черчение», «3D-моделирование, прототипирование, макетирование», «Технологии обработки материалов и пищевых продуктов» нацелено на знакомство обучающихся с основными циклами и технологиями современного производства в области обработки материалов, аддитивных технологий, автоматизации и роботизации, на получение представлений о современных профессиях, выполняемых трудовых действиях.

Перспективными направлениями современной промышленности являются: разработка и изучение 3D-моделей, создание цифровых двойников, прототипирование, аддитивные технологии, реверсивный инжиниринг. Развитие аддитивных технологий позволяет в значительной мере повысить производительность труда, выпускать инновационную продукцию, развивать новые рынки 3D-печати, например, зданий, электронных комплектующих, 3D-биопечати органов и пищевых продуктов, комплектующих автомобилей, беспилотных летательных аппаратов и др.

В Стратегии развития аддитивных технологий в Российской Федерации на период до 2030 года (утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2021 № 1913-р) отмечено, что разработка аддитивных технологий позволяет существенно сокращать время от разработки изделия до выпуска готовой продукции, материалоемкость продукции, потребление энергоресурсов, а также предоставляет возможность изготавливать изделия с улучшенными свойствами и сложных конструкций, которые ранее не представлялось возможным производить из-за технологических ограничений.

Аддитивные технологии – это отрасль экономики, включающая в себя разработку и производство аддитивного оборудования (например, 3D-принтеры, 3D-сканеры, линии промышленного оборудования для производства материалов для аддитивной печати, комплексы для постобработки изделий, произведенных аддитивным методом, и др.), комплектующих (экструдеры, лазеры, проекторы и др.), материалов для аддитивного производства (пластик, металлы, композиты, смолы и др.) и специализированного программного обеспечения (для создания 3D-модели, для перевода 3D-модели в последовательность действий аддитивного оборудования для ее печати, для программирования аддитивного оборудования и др.), а также услуг и инжиниринга (моделирование аддитивного оборудования и продукции для аддитивного производства, реинжиниринг продукции для ее производства методом аддитивных технологий и др.) в сфере аддитивных технологий [8].

Реализация инвариантного модуля «3D-моделирование, прототипирование, макетирование» играет важную роль в подготовке обучающихся к освоению аддитивных технологий, программного обеспечения для создания трехмерной графики и оборудования для 3D-печати, развития навыков исследовательской работы (посредством разработки и изучения моделей), воображения, креативного и критического мышления, навыков проектирования.

Освоение обучающимися содержания инвариантного модуля «3D-моделирование, прототипирование, макетирование» начинается в 7 классе с изучения видов моделей, построения трехмерных моделей и разработки макетов. В 8 классе школьники изучают технологию 3D-моделирования, знакомятся с 3D-принтером, материалами, прототипированием. В 9 классе выполняют моделирование сложных объектов, изучают аддитивные технологии, этапы аддитивного производства. В каждом классе изучение модуля завершается знакомством с профессиями, связанными с 3D-печатью.

По итогам изучения модуля на уровне основного общего образования обучающиеся должны научиться: создавать 3D-модели в специальных программах, изготавливать прототипы с использованием технологического оборудования (3D-принтера, лазерного гравера и других); называть и выполнять этапы аддитивного производства; модернизировать прототип в соответствии с поставленной задачей; называть области применения 3D-моделирования; характеризовать мир профессий, связанных с изучаемыми технологиями 3D-моделирования, их востребованность на рынке труда и др. [11].

Этапы аддитивного производства в упрощенном виде можно представить как последовательность шагов по созданию изделия:

1 – разработка идеи и создание трехмерного изображения с использованием специального программного обеспечения;

2 – подготовка файла к печати: экспорт трехмерного изображения модели в формат, понятный 3D-принтеру, обработка изображения специальной программой – слайсером;

3 – печать: послойное нанесение материала принтером и получение изделия;

4 – постобработка (удаление поддержек, шлифовка, окраска и пр.).

В данных методических рекомендациях будут рассмотрены этапы, связанные с использованием специального оборудования – 3D-принтера и 3D-сканера.

Соответственно, для достижения планируемых предметных результатов педагогу необходимо организовать обучение не только основам проектирования 3D-моделей, но и научить обучающихся анализировать и выбирать материал для печати и использовать 3D-принтер как «инструмент» для изготовления разработанных прототипов или моделей.

## Классификация 3D-принтеров

Применение 3D-принтеров в настоящее время растет с увеличением их возможностей и развитием аддитивных технологий. Размеры рабочей области 3D-принтера могут быть от нескольких сантиметров (медицинские) до десятков метров (промышленные).

3D-принтеры можно классифицировать по области применения, конструкции, размеру рабочей области, технологии печати и используемым материалам.

Основные области применения 3D-принтеров: для домашнего использования (например, для хобби, обучения, мелкого ремонта); профессиональные (для изготовления изделий различного назначения для малого и среднего бизнеса); промышленные, выполняющие 3D-печать самыми разными материалами – от кукурузного крахмала до расплавленного металла, композитных материалов и бетона в строительстве.

Наибольшим разнообразием отличается классификация принтеров по используемым материалам: пластик (PLA, ABS и др.); фотополимерные смолы; металлы (сталь, алюминий, титан, сплавы); глина; силикон, резина; шоколад, тесто, биоматериалы и т. д.

Основной технологией 3D-печати, используемой в образовании и творчестве стала технология FDM-печати (Fused Deposition Modeling – моделирование оплавленного осаждения) специальным пластиком.

Нагретый экструзионной головкой и расплавленный материал выдавливается сквозь сопло, который наплавляется послойно по заданной траектории и застывает (рис. 1).

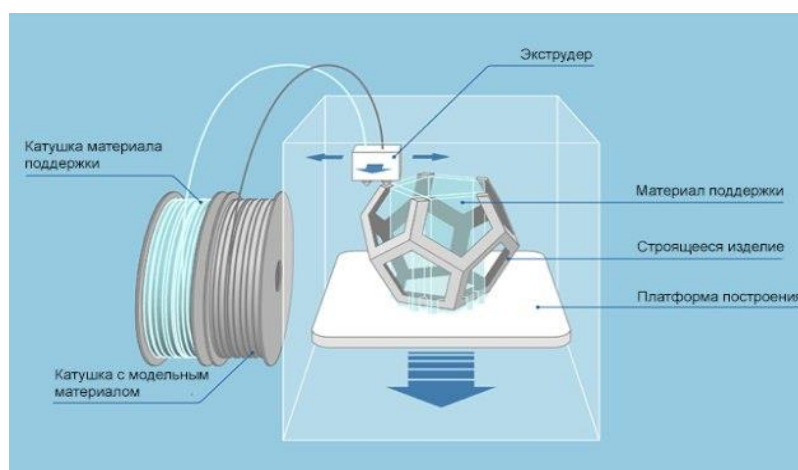


Рис. 1. Схема FDM-процесса

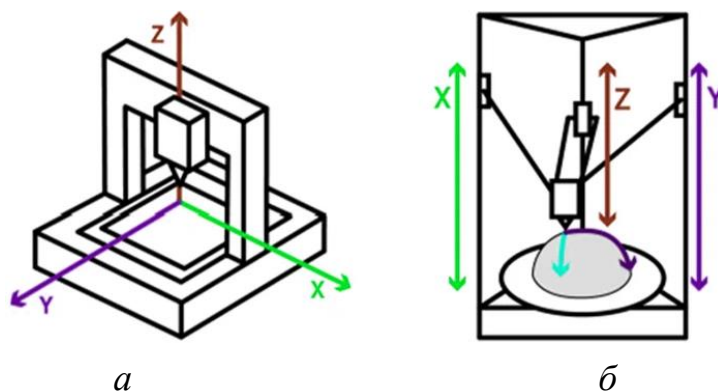


Рис. 2. Схематичное изображение FDM 3D-принтеров:  
а – декартовый, б – дельта

FDM 3D-принтеры классифицируют по конструкции механики:

1) Декартовы, или картезианские (Cartesian) 3D-принтеры: движение печатающей головки и/или платформы осуществляется по горизонтальным осям X (влево-вправо), Y (вперед-назад) и по вертикальной оси Z (вверх-вниз) (высота слоя). Чаще всего такие принтеры имеют жесткую конструкцию в форме прямоугольного параллелепипеда с открытыми или закрытыми стенками.

2) Портальные (CoreXY/H-Bot) FDM 3D-принтеры: имеют открытую структуру, где перемещение печатающей головы, расположенной на П-образной конструкции, напоминающей портал, происходит в плоскостях X (влево-вправо) и Z (вверх-вниз), а стол выполняет перемещение по оси Y (вперед-назад).

3) Дельта: печатающая головка расположена на трех кронштейнах, которые закреплены на трех вертикальных стойках, расположенных в форме треугольника (дельты); платформа никогда не движется, чаще всего круглая.

4) 3D-принтер на манипуляторе роборуке: промышленный вариант 3D-принтера, где в роли станины и кинематической схемы выступает промышленный робот-манипулятор с тремя и более степенями свободы.

5) Конвейерные 3D-принтеры: разновидность декартовых или портальных FDM 3D-принтеров, где рабочее поле представляет собой не ровный стол, а бесконечную конвейерную ленту, а печатающая голова расположена под углом  $45^\circ$  к столу. Используются для серийного производства одинаковых деталей, где печать ставят на повторяющийся цикл с самоудалением готовой продукции, или когда необходимо изготовить длинную цельную деталь без разделения или склейки.

6) 5D-принтеры: базовые 3D-принтеры с поворотным столом. В этих принтерах в качестве стола выступает дополнительная механическая

конструкция, которая имеет еще две степени вращения (наклон и вращение), на них можно изготавливать различные тела вращения со сложной конструкцией и направлением слоев, что значительно улучшает прочностные характеристики готовой детали.

Иногда технологию FDM 3D-печати называют FFF (Fused Filament Fabrication). Этот термин используют для обозначения открытых и свободных от патентов систем.

На сегодня под разные виды материалов, используемых для печати, разработаны соответствующие технологии, например, материал застывает на воздухе или под воздействием ультрафиолета, спекается лазером или электронным лучом, дополнительным связующим веществом и т. д.

Другими технологиями 3D-печати, получившими широкое распространение в школах, организациях дополнительного и среднего профессионального образования, являются SLA (стереолитография/Stereolithography) и DLP (Digital Light Processing). Они основаны на фотополимеризации жидких смол. В SLA применяется лазер, который точно засвечивает смолу, полимеризуя ее в нужных местах, в то время как в DLP используется цифровой проектор для засветки целого слоя изображения смолы одновременно, что делает процесс быстрее.

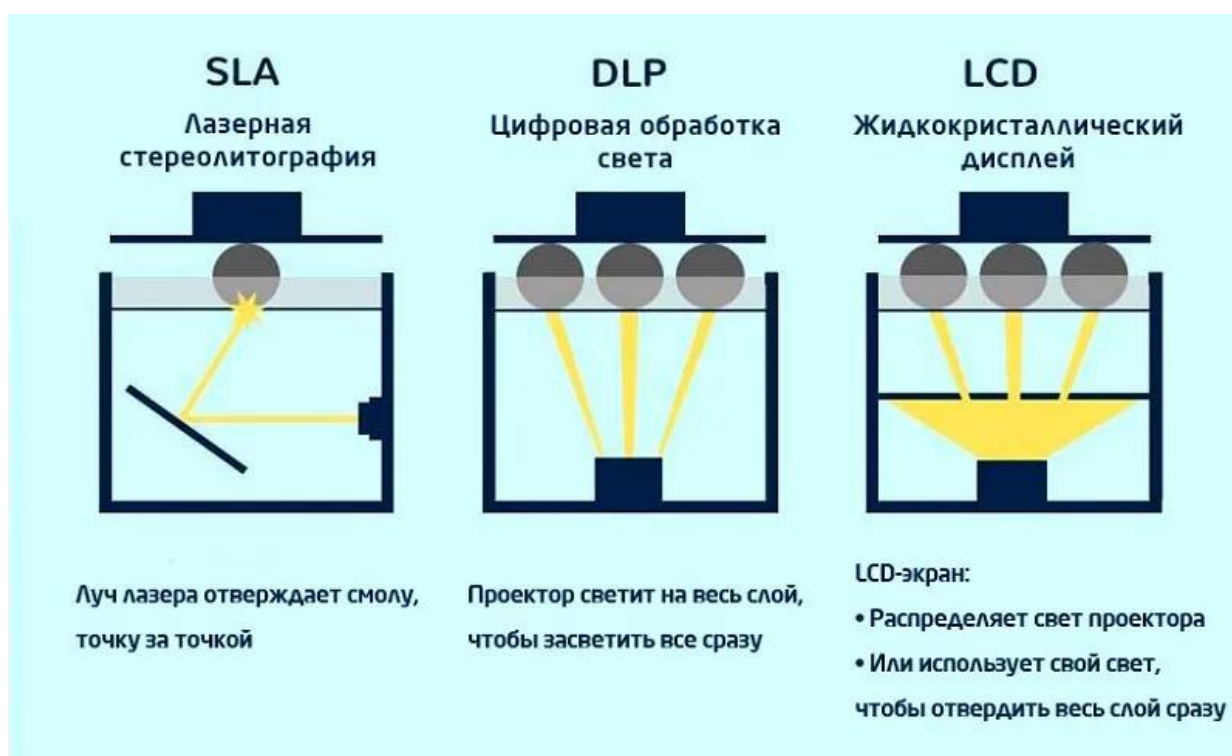


Рис. 3. Схема SLA, DLP и LCD 3D-печати

SLA- и DLP-принтеры могут быть как настольными, так и промышленными. Главные плюсы технологии: высокая точность, гладкая поверхность и детализация (например, ее применяют в ювелирной промышленности для создания детализированных миниатюр, в литейном производстве для изготовления форм и матриц), а также возможность печати сложных геометрических форм без использования поддержек (в зависимости от ориентации). Недостатки: ограниченный выбор материалов (в основном фотополимерные смолы), высокая стоимость материалов и самого оборудования по сравнению с FDM, необходимость постобработки (промывка и УФ-отверждение).

В технологии 3D-печати SLS (Selective Laser Sintering) используется лазер для спекания порошковых материалов (например, полиамидов), что позволяет создавать прочные, функциональные детали без необходимости в поддержках. К недостаткам можно отнести высокую стоимость оборудования и материалов.

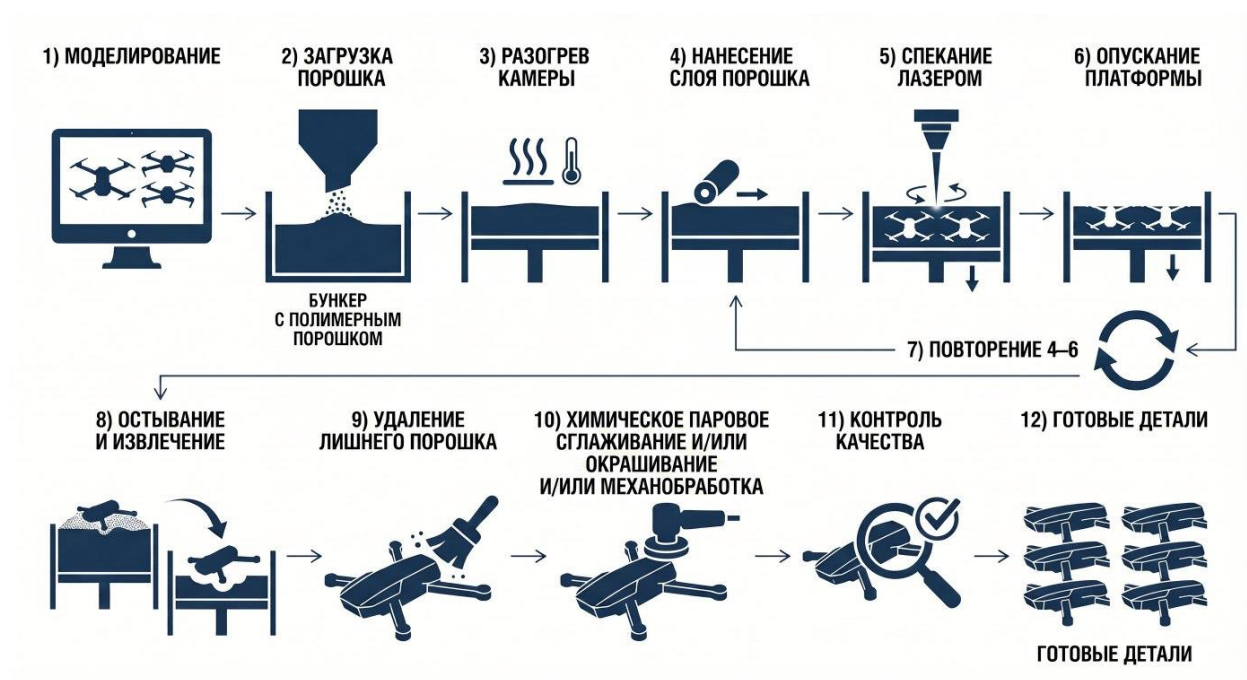


Рис. 4. Схема SLS/MJF-камеры с порошковым слоем

## Требования к материалам для печати в общеобразовательных организациях

Основное требование к любым используемым в общеобразовательных организациях материалам – безопасность.

Наиболее безопасным и доступным для использования в школе филаментом является полилактид (PLA, полимолочная кислота).

PLA экологичен: производится из органического, возобновляемого сырья (чаще всего кукурузы, сахарного тростника). Благодаря этому при нагревании он не выделяет ядовитых испарений, нетоксичен, разлагается в природе за несколько месяцев.

В учебных целях изделия из PLA не следует использовать в качестве посуды и предметов контакта с пищей.

*Таблица 1*

### Сравнение материалов

| —                                  | Вид материала                                     | Объяснение                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Полимерные материалы для FDM (FFF) | PLA (Polylactic Acid)                             | Наиболее популярный материал благодаря простоте печати, биоразлагаемости и доступной цене. Идеален для прототипов и демонстрационных моделей, но обладает низкой термостойкостью и хрупкостью                            |
|                                    | ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene)             | Прочнее, более термостойкий, чем PLA, но требует более сложных условий печати (нагреваемая камера, хорошо вентилируемое помещение). Используется для печати корпусов и элементов, подверженных механическим воздействиям |
|                                    | PETG (Polyethylene Terephthalate Glycol-modified) | Предлагает хороший баланс между прочностью, гибкостью и термостойкостью. Легче печатается, чем ABS, и часто превосходит PLA по механическим свойствам. Используется для печати лопастей и несущих конструкций            |
|                                    | Nylon (полиамид)                                  | Отличается высокой прочностью, износостойкостью и химической стойкостью (для деталей, подверженных нагрузкам и трению)                                                                                                   |

|                                    |                                  |                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                    | TPU (Thermoplastic Polyurethane) | Эластичный и гибкий материал, который может быть полезен для создания амортизирующих элементов или деталей, требующих герметичности                                                     |
|                                    | Композитные филаменты            | Материалы, наполненные углеродным волокном, стекловолокном или другими добавками, значительно повышают прочность, жесткость и термостойкость (подходят для более ответственных деталей) |
| Фотополимерные смолы (для SLA/DLP) | Стандартные смолы                | Обеспечивают высокую детализацию и гладкую поверхность (для эстетических моделей и прототипов)                                                                                          |
|                                    | Инженерные смолы                 | Смолы с повышенной прочностью, термостойкостью, гибкостью или ударопрочностью, которые могут быть использованы для создания функциональных деталей                                      |

Таблица 2

Таблица температур популярных филаментов

| Тип пластика             | Температура сопла, °C | Температура стола, °C | Обдув модели       | Необходима закрытая камера                                                                   |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PLA</b>               | 190–220               | 45–60                 | 100% (макс.)       | Нет, печатает на открытом воздухе, однако при использовании обучающимися рекомендуем закрыть |
| <b>PETG</b>              | 220–245               | 70–85                 | 20–50% (умеренный) | Нет, но не любит сквозняки, однако при использовании обучающимися рекомендуем закрыть        |
| <b>ABS</b>               | 230–260               | 95–110                | 0–20% (мин.)       | Да, критична для защиты от усадки                                                            |
| <b>ASA</b>               | 235–260               | 95–110                | 0–20%              | Да, ведет себя аналогично ABS                                                                |
| <b>TPU/FLEX (гибкие)</b> | 210–240               | 45–60                 | 50–100%            | Нет, важна лишь низкая скорость печати                                                       |
| <b>Nylon (нейлон)</b>    | 240–270               | 90–110                | Выключен (0%)      | Да, крайне капризен к сквознякам                                                             |

|                              |         |         |                  |                                                   |
|------------------------------|---------|---------|------------------|---------------------------------------------------|
| <b>Поликарбонат<br/>(PC)</b> | 270–310 | 100–120 | Выключен<br>(0%) | Да, обязательная<br>высокотемпературная<br>камера |
|------------------------------|---------|---------|------------------|---------------------------------------------------|

В связи с низкой температурой плавления и нагрева стола, в сравнении с другими материалами и его переработкой, пластик PLA получил наибольшее распространение для использования в общеобразовательных организациях.

К достоинствам можно отнести: разнообразие цветов, простота печати, получение качественной поверхности. Некоторые недостатки: низкая термостойкость (размягчается при +60 °C), низкая светостойкость (выгорает на солнце, теряет прочность), хрупкость, сложность механической обработки.

## Оптимальные характеристики 3D-принтера для использования в образовательных организациях

Одним из условий успешной реализации инвариантного модуля «3D-моделирование, прототипирование, макетирование» является наличие соответствующего оборудования и программного обеспечения в образовательной организации.

Разработанные обучающимися модели и прототипы изделий печатаются на 3D-принтере, который должен отвечать требованиям безопасности, быть надежным и доступным для освоения школьниками.

Для выполнения учебных заданий и печати несложных моделей достаточным для оснащения кабинета труда (технологии) будет небольшой 3D-принтер в закрытом корпусе и/или оснащенный защитным кожухом со всех сторон в количестве 5 штук на кабинет (15 обучающихся).

Данные требования связаны не с возможностью печатать различными видами пластика, а в первую очередь – с необходимостью уберечь обучающихся от контакта с механическими элементами станка и нагревающимися частями. Для этих целей лучше всего подходят декартовые принтеры, имеющие глухие или прозрачные стенки, дверцы и крышки.

Использование порталных или призматических 3D-принтеров с дополнительным экраном возможно только в технических помещениях, без прямого доступа обучающихся к оборудованию.

## Правила безопасного пользования 3D-принтером

Настоящие правила являются основой для разработки инструкции по охране труда при работе с 3D-принтером в конкретной образовательной организации.

К самостоятельной работе с оборудованием обучающиеся допускаются после прохождения соответствующего инструктажа. Все работы с оборудованием, имеющим нагреваемые элементы и выделяющим при печати аэрозоли и летучие вещества, проводятся под непосредственным контролем педагога.

При покупке и установке 3D-принтеров необходимо внимательно изучить «Руководство пользователя» конкретного производителя и выполнять правила подготовки к работе, правила безопасного использования 3D-принтера.

Для использования в образовательной организации подходит оборудование, подтвердившее соответствие обязательным требованиям технических регламентов: ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования», ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств» и ТР ЕАЭС 037/2016 «Об ограничении применения опасных веществ в изделиях электротехники и радиоэлектроники». Оборудование должно сопровождаться декларацией о соответствии (сертификатом), а расходные материалы (филаменты, фотополимерные смолы) – документами, подтверждающими их безопасность для обучающихся.

### **Общие требования:**

1) 3D-принтер должен быть установлен на ровной, устойчивой поверхности, вдали от открытого огня, влаги, легковоспламеняющихся веществ.

2) Принтер устанавливается педагогом в отдельной зоне и подключается к розеткам с надлежащими характеристиками, с заземлением. Обязательно должен быть предусмотрен отдельный щиток с возможностью экстренного обесточивания оборудования.

3) 3D-принтер должен быть установлен рядом с вытяжкой.

4) Во избежание попадания одежды и аксессуаров в движущиеся части 3D-принтера необходимо перед началом работы убрать волосы под головной убор, снять или закрепить свисающие части одежды и украшения.

5) При работе с SLA-принтером необходимо пользоваться защитными очками и надевать специальные силиконовые или нитриловые перчатки. При работе с FDM-принтером НЕ следует использовать вязанные перчатки.

6) Если во время работы произойдет поломка или повреждение кабеля, необходимо немедленно выключить 3D-принтер.

7) Обязательно отключите 3D-принтер и дайте время остыть всем нагревательным элементам перед очисткой поверхностей.

8) Убирать остатки пластика необходимо специальными инструментами, избегая механического воздействия на сопло во избежание деформации металлов.

### **Запрещается:**

1) Использовать 3D-принтер с поврежденным шнуром питания или иными механическими повреждениями.

2) Устанавливать 3D-принтер в шкафу, в углу помещения или в другом закрытом неветилируемом пространстве.

3) Допускать свисание шнура питания через край стола, а также его нагревание.

4) При выключении тянуть за провод, выключать устройство мокрыми руками.

5) Открывать фронтальную дверь защитного кожуха во время печати.

6) Во время эксплуатации прикасаться к нагревательным элементам, перемещающимся и вращающимся механизмам.

7) Устанавливать на 3D-принтер или в него посторонние предметы.

8) Закрывать вентиляционные отверстия.

9) Эксплуатировать 3D-принтер в случае появления дыма или огня.

### **Требования безопасности перед началом работы:**

1. Проветрить помещение.

2. Осмотреть 3D-принтер на наличие повреждений.

## **Изготовление моделей и прототипов с использованием 3D-принтера**

### **Этап 1. Подготовка 3D-модели к загрузке в слайсер.**

Слайсер (от англ. slice – срез) – программное обеспечение, которое послойно преобразует 3D-модель в машинный код (G-код).

Перед печатью необходимо проверить 3D-модель по следующим параметрам:

1) **Масштаб и единицы измерения:** убедитесь, что модель выполнена в миллиметрах.

2) **Геометрическая целостность:** используйте встроенные инструменты вашего программного обеспечения для анализа целостности модели. 3D-модель должна быть замкнутой, без разрывов линий или несогласованных поверхностей. Удалите дублирующиеся линии и пересекающиеся грани, если на рабочем столе расположено несколько деталей. Убедитесь, что все нормали поверхностей направлены наружу.

3) **Размеры и ориентация:** сравните габариты 3D-модели с рабочей областью принтера. Поверните 3D-модель так, чтобы минимизировать нависания.

4) **Толщина стенок:** минимальная толщина стенки 3D-принтера должна быть не меньше диаметра сопла

5) **Формат файла:** сохраните модель в формате .STL (рекомендован), .STEP или .3MF (зависит от того, в какой программе создаете 3D-модель и какой слайсер используете).

### **Этап 2. Базовая настройка слайсера под принтер и материал.**

Перед работой в слайсере необходимо настроить его под конкретную модель 3D-принтера и материал, который вы будете использовать.

#### **1. Настройка профиля принтера.**

Большинство слайсеров содержат предустановленные профили для популярных моделей 3D-принтеров. Выберите свою модель 3D-принтера из списка. Убедитесь, что в программе правильно прописана модель и марка 3D-принтера. Это важно, так как разные фирмы и модели имеют разную систему

начала отсчета, и неправильное создание УП и ошибка в G-коде может привести к механической поломке.

Если вашей модели 3D-принтера в списке нет, создайте свой профиль в меню «Управление принтерами». Для этого введите название 3D-принтера, укажите размеры рабочей области (X, Y, Z) из документации или инструкции к принтеру, задайте диаметр сопла, выберите тип экструдера (direct/bowden), укажите наличие обогреваемого стола, сохраните профиль.

**Экструдер (печатающая головка)** – узел, который подает и расплавляет пластик. Состоит из двух основных частей:

- **Cold-end (подающий механизм, фидер):** приводится в действие шаговым двигателем и проталкивает филамент в нагревательный блок.
- **Hot-end (нагревательный блок):** включает нагреватель, термистор (датчик температуры) и **сопло**. Внутри этой зоны пластик плавится и выдавливается через отверстие малого диаметра (обычно 0,3–0,5 мм).

**Между соплом и фидером предусмотрена вставка с системой охлаждения**, которая не дает температуре подниматься вверх и позволяет расплавлять пластик только в камере нагревательного блока. Чаще всего она выглядит как алюминиевый блок с ребрами охлаждения и дополнительным вентилятором. Сопло с системой охлаждения соединяется тонкой трубкой – термобарьером. Дополнительно может быть проставка из тефлоновой или фторопластовой трубки, если фидер используется **Direct Drive**.

**Bowden-экструдер (Подача сбоку/сзади).** Название происходит от системы Боудена (Bowden cable) – гибкого провода, который используется для передачи механического усилия на расстояние (например, в велосипедных и автомобильных тормозных системах). В 3D-печати эту роль играет **PTFE-трубка** (тефлоновая), по которой филамент скользит от неподвижного мотора к горячему соплу. Подающий механизм (хоббит, прижимной ролик и шаговый двигатель) закреплен статично на корпусе принтера. Он проталкивает пластик в трубку, и тот, как поршень, скользит по ней вниз, к печатающей головке, где расположен только HotEnd (нагревательный блок).

**Direct Drive (Прямоприводной, подача над головкой).** Весь «тяжелый» узел – шаговый двигатель, хоббит, прижимной механизм и HotEnd – объединен в одну конструкцию и движется вместе с головкой по осям X и Y.

Филамент подается практически напрямую в сопло, путь составляет всего 1–3 см. Пластик поступает в сопло мгновенно после начала движения двигателя, без задержки на сжатие трубки. Короткий и жесткий путь подачи позволяет печатать даже очень мягкими сортами TPU.

## 2. Настройка профиля материала.

Выберите тип филамента, который будете использовать для печати.

Для PLA стандартные параметры:

- температура сопла: 190–220 °C;
- температура стола: 50–60 °C;
- скорость печати: 40–60 мм/с.

Для других материалов значения отличаются (рекомендуется использовать готовые профили из слайсера).

## Этап 3. Подготовка G-кода в слайсере.

После всех исправлений 3D-модель готова к следующему этапу: загрузке в слайсер. Для этого необходимо открыть выбранную 3D-модель через слайсер.

### Основные настройки слайсера:

1. **Регулировка высоты слоя:** определяет детализацию и время печати. Чем меньше значение (например, 0,1 мм), тем выше качество, но медленнее печать.

2. **Регулировка ширины линии:** должна быть равна диаметру сопла.

3. **Настройка заполнения:** вид и % заполнения влияет на прочность, усадку и расход пластика.

В зависимости от вида изделия рекомендуется разный процент заполнения в процессе печати (табл. 3).

Таблица 3

| Вид изделия                   | % заполнения |
|-------------------------------|--------------|
| Декоративные изделия          | 10–15%       |
| Функциональные детали         | 30–50%       |
| Прочные механические элементы | 50–100%      |

Так же важно правильно выбрать тип заполнения для модели. Сравним основные типы заполнения и примеры их применения (табл. 4).

Таблица 4

### Типы заполнения и примеры их применения

| Тип                   | Прочность               | Скорость | Расход  | Применение            |
|-----------------------|-------------------------|----------|---------|-----------------------|
| <b>Rectilinear</b>    | низкая                  | высокая  | средний | Черновые конструкции  |
| <b>Grid</b>           | низкая                  | высокая  | средний | Быстрые прототипы     |
| <b>Gyroid</b>         | высокая                 | средняя  | средний | Функциональные детали |
| <b>Honeycomb</b>      | максимальная            | низкая   | высокий | Детали под нагрузкой  |
| <b>Adaptive cubic</b> | средняя                 | высокая  | низкий  | Экономия материала    |
| <b>Lightning</b>      | минимальная             | высокая  | низкий  | Декоративные элементы |
| <b>Concentric</b>     | равномерная<br>гибкость | средняя  | средний | Гибкие детали         |

#### 4. Генерация поддержек.

Добавьте автоматические поддержки, если у вашей модели есть нависания (угол стенки  $> 45^\circ$ ). Выберите тип поддержек: линейные (легче удаляются) или древовидные (меньше расход материала). Также поддержки могут генерироваться по всему изделию, в том числе и в полых частях, или только «от стола» (табл. 5).

Таблица 5

### Основные ошибки в настройках слайсера, влияющие на качество печати, и их устранение

| Ошибка                                     | Проявление                                                           | Причина                                                                                                 | Решение                                                                        |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Неправильная температура экструдера</b> | Деформация детали, наплывы, паутина, слабое сцепление слоев          | Слишком высокая – пластик течет, не успевает застыть.<br>Слишком низкая – плохая адгезия, недоэкструзия | Установить температуру по рекомендованному диапазону                           |
| <b>Высокая скорость печати</b>             | Снижение качества: вибрации, пропуски слоев, смещение, недоэкструзия | Экструдер не успевает подавать пластик, моторы теряют шаги, инерция вызывает колебания                  | Снизить скорость до 40–60 мм/с для основного тела, 20–30 мм/с для первого слоя |
| <b>Низкая плотность заполнения</b>         | Хрупкость изделия, провалы верхнего слоя, щели                       | Недостаточная внутренняя опора, верхние слои провисают                                                  | Увеличить плотность заполнения, сверив с таблицей рекомендованных %            |

|                                                            |                                                                                              |                                                       |                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                            |                                                                                              |                                                       | заполнения для разных типов изделий                                                                                                                       |
| <b>Отсутствие адгезии</b>                                  | Изделие отклеивается от платформы, углы загибаются                                           | Стол холодный, загрязнен, Z-offset неверен, нет каймы | Нагреть стол в соответствии с рекомендованной температурой для типа филамента.<br>Очистить стол.<br>Откалибровать стол.<br>Включить кайму шириной 5–10 мм |
| <b>Наплывы на углах и пропуски пластика в начале линий</b> | Происходит задержка изменения давления в сопле при ускорении и замедлении печатающей головки | Различия в качестве пластика разных цветов            | Произвести калибровочную печать потока и коэффициента Pressure Advance и внести поправки в профиль печати                                                 |

Можно производить печать одного или нескольких объектов одновременно. Для этого в слайсере необходимо разместить на виртуальной рабочей поверхности стола 3D-принтера все объекты, которые вы хотите напечатать. Следуйте рекомендациям по рациональному размещению объектов:

- 1. Центрирование:** размещайте модель в центре платформы, так как это зона с наилучшим прогревом и выравниванием.
- 2. Ориентация по осям:** длинные стороны располагайте вдоль оси Y – так вы снизите вибрации платформы.
- 3. Учет поддержек:** поворачивайте модель так, чтобы минимизировать объем поддержек.
- 4. Зазор между объектами:** оставляйте 5–10 мм между деталями, этого расстояния достаточно для корректной работы и генерации юбки/каймы при создании g-code в программе слайсере (обводки вокруг периметра изделия) и предотвращения слияния при деформации материала.
- 5. Плоская сторона:** если модель имеет плоскую сторону, кладите ее на стол – это улучшает адгезию и не требует дополнительных поддержек.
- 6. Проверка габаритов:** убедитесь, что модель с учетом юбки/каймы полностью помещается в рабочую область слайсера.

#### **Этап 4. Экспорт G-кода.**

После выбора настроек выберите команду, отвечающую за нарезку на слои. Обратите внимание на время печати, которое указал слайсер. Если вас не устраивает указанное время, изменяйте настройки печати до тех пор, пока оно не станет оптимальным для данной модели. Сохраните G-код и экспортируйте его на 3D-принтер через SD-карту, USB или сеть.

#### **Этап 5. Подготовка принтера к печати.**

Для каждого вида и модели 3D-принтера существуют свои особенности настройки и отладки перед печатью, которые описаны в документации к принтеру. Рассмотрим общие рекомендации по настройке 3D-принтера перед печатью.

- **Выравнивание стола:** проверьте, что платформа находится строго параллельно траектории перемещения сопла во всех углах и центре, на одном расстоянии (калибровка).

- **Настройка Z-offset:** отрегулируйте расстояние между соплом и столом так, чтобы первый слой пластика слегка приплюсчивался, но не вдавливался в поверхность и не нависал. Это обеспечит надежное прилипание и ровную основу.

- **Очистка платформы:** удалите жир, пыль и остатки предыдущих печатей с помощью изопропилового спирта или средств очистки для стекол и безворсовой салфетки.

- **Проверка подачи:** убедитесь, что филамент свободно сматывается с катушки, не цепляется за края и без затруднений проходит через направляющую трубку. Фидер экструдера (механизм подачи филамента) не должен издавать треск или пропускать шаги.

- **Прогрев принтера:** включите нагрев стола и сопла за 5–10 минут до начала печати, чтобы температура стабилизировалась. Резкие перепады могут вызвать деформацию первого слоя. Данный процесс часто зашит и выполняется автоматически.

- **Нанесение адгезива:** для материалов, которые плохо держатся (ABS, PETG), используйте только специальный клей для 3D-печати, который

увеличивает адгезию и легко смывается со стола, клей-карандаш или лак для волос. Это предотвратит отклеивание углов и деформацию. Наносите тонким слоем и дайте высохнуть (10–30 секунд).

- **Тест первого слоя:** перед печатью модели запустите тестовую проверку первого слоя – короткую линию или круг, чтобы оценить, как пластик ложится на стол. (Примечание: данный процесс прописывается в УП слайсером автоматически, устанавливается в G-код). Ширина линии должна быть равномерной, без разрывов и излишнего сплющивания.

- **Удаление остатков:** очистите сопло от налипшего пластика (капли могут отпасть и испортить первый слой). Также удалите обрывки нити со стола, особенно если использовалась кайма от предыдущей печати. (Примечание: последние версии слайсеров и принтеров также устанавливают данный процесс в G-код).

- **Контроль микроклимата в помещении:** убедитесь, что в комнате нет сквозняков, а температура воздуха не ниже 20 °C.

- **Перед первой печатью** изделия рекомендуется запустить тестовую печать, например модель 3D Benchy (Кораблик Benchy). Данная .stl-модель или уже готовый G-код прилагаются производителем на носителе либо их можно скачать на открытых базах с 3D-моделями.

## **Этап 6. Печать 3D-модели.**

Отправьте G-код модели на принтер и запустите процесс печати. Во время печати внимательно проследите за первыми слоями, убедитесь в хорошей адгезии. Периодически проверяйте процесс печати.

## **Этап 7. Снятие готовых деталей со стола.**

Дождитесь полного остывания рабочей поверхности стола, так как резкое снятие с горячего стола деформирует деталь. Используйте тонкий шпатель из нержавеющей стали, скребок для пластика или леску так, чтобы не повредить покрытие стола. Лучше поддевать деталь, начиная с угла, аккуратно отделяя край под углом 10–20°, а затем двигаться по периметру детали к центру.

Удалите поддержки и подложку. Произведите постобработку изделия: зашлифуйте и при желании покрасьте изделие (табл. 6).

**Чек-лист контроля качества детали**

| <b>Параметр контроля</b>      | <b>Норма/допуск</b>                             | <b>Метод проверки</b>                       |
|-------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| <b>Геометрия и размеры</b>    | Зависит от допуска                              | Штангенциркуль                              |
| <b>Первый слой</b>            | Сплошной, без пропусков                         | Визуальный осмотр                           |
| <b>Адгезия слоев</b>          | Отсутствие трещин между слоями                  | Изгиб детали (осторожно), визуальный осмотр |
| <b>Качество поверхности</b>   | Без заусенцев, наплывов, следов остывания нитей | Визуальный осмотр, тактильный осмотр        |
| <b>Заполнение</b>             | Равномерное без пустот                          | Визуальный осмотр                           |
| <b>Поддержки</b>              | Удалены полностью, без повреждения детали       | Визуальный осмотр, тактильный осмотр        |
| <b>Механическая прочность</b> | Соответствует нагрузке (по требованию)          | Испытание нагрузкой, изгиб                  |
| <b>Эстетика</b>               | Однородный цвет, без царапин, загрязнений       | Визуальный осмотр                           |

## 3D-сканер: устройство и применение

**3D-сканер** – это устройство, которое создает точную цифровую копию (3D-модель) реального физического объекта. Его можно сравнить с обычным 2D-сканером: если последний переводит плоский лист бумаги в цифровое изображение, то 3D-сканер преобразует объемную форму предмета в его виртуальное представление в компьютере.

### Классификация 3D-сканеров

По способу взаимодействия с объектом различают контактные и бесконтактные 3D-сканеры.

**1. Контактные 3D-сканеры.** Считывают геометрию через физический контакт специального щупа с поверхностью объекта. Примером служат координатно-измерительные машины (КИМ) или настольные аппараты типа MicroScribe. Они обеспечивают высочайшую точность для инженерных задач, но процесс сканирования медленный.

**2. Бесконтактные 3D-сканеры.** Анализируют объект на расстоянии без физического воздействия. Делятся на два подтипа:

*Активные:* излучают направленные волны (лазерный луч, структурированный свет, инфракрасное излучение, ультразвук) и анализируют их отражение от поверхности.

*Пассивные:* не излучают ничего, а фиксируют отраженный окружающий свет (видимый спектр). К ним относятся фотограмметрические системы.

Таблица 7

### Характеристики 3D-сканеров по базовой технологии бесконтактного сканирования

| Технология                   | Принцип работы                                                                  | Преимущества                                                                                                                   | Недостатки                                                                                |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Лазерная триангуляция</b> | Проекция лазерной линии или точки; датчик фиксирует отклонение отраженного луча | Очень высокая точность (до 0,01–0,1 мм), скорость (миллионы точек в секунду). Идеальна для непрозрачных объектов сложной формы | Плохо работает с зеркальными, черными или прозрачными поверхностями без матирующих спреев |

|                                                                 |                                                                                   |                                                                                                                               |                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Структурированный свет (белый/синий свет)</b>                | На объект проецируется сетка из полос света, камеры фиксируют искажение сетки     | Высокая детализация и точность, безопасность излучения (используется в медицине, в частности, в стоматологии, протезировании) | Медленнее лазерных аналогов, чувствительны к яркому внешнему освещению                                 |
| <b>Инфракрасный датчик глубины (Time-of-Flight/ИК-проекция)</b> | Измерение времени полета ИК-сигнала до объекта или фиксация деформации поля точек | Простота использования, низкая цена, возможность сканировать большие объекты (помещения, люди)                                | Низкая точность и разрешение по сравнению с лазером и структурированным светом. Теряются мелкие детали |
| <b>Фотограмметрия</b>                                           | Математическая обработка серии перекрывающихся фотографий объекта со всех сторон  | Самая доступная стоимость (нужна только камера), подходит для крупных объектов (зданий, самолетов и т. п.)                    | Наименее точная технология, требует сложного ПО и идеальной калибровки освещения при съемке            |

### 3. По форм-фактору и мобильности.

**Стационарные (настольные):** устанавливаются на штатив, часто работают в паре с поворотным столом. Обеспечивают стабильно высокую метрологическую точность. Используются в лабораториях контроля качества и реверс-инжиниринга мелких деталей.

**Ручные (портативные):** оператор перемещает прибор вокруг объекта. Незаменимы для крупногабаритных объектов (автомобили, скульптуры, фасады зданий) и работы в труднодоступных местах.

Процесс 3D-сканирования – это не просто нажатие кнопки, а последовательная цепочка действий, которая превращает физический объект в цифровую модель. Полный цикл обычно состоит из трех основных этапов: сбора данных, обработки и постобработки.

### 4. По назначению и масштабу сканируемых объектов.

**Индустриальные (метрологические):** используются для высокоточного контроля геометрии деталей, пресс-форм, корпусов электроники (точность – от микрон до сотых долей миллиметра).

**Универсальные ручные:** применяются для обратного проектирования запасных частей, оцифровки музейных экспонатов и др.

**Сканеры тела человека:** медицинские, для создания индивидуальных лекал одежды, ортопедических стелек, протезов и др.

**Наземное лазерное сканирование (TLS):** стационарные приборы для геодезии, строительства, исследования крупных промышленных объектов и др.

**Мобильное сканирование (MLS):** установки на базе автомобиля для быстрой оцифровки улиц, тоннелей и карьеров и пр.

**Воздушное сканирование (ALS/LiDAR):** сенсоры на БВС или самолетах для картографии больших территорий.

**Этапы цикла можно записать следующим алгоритмом:**

|                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Физический объект</b> → (Сканирование) → <b>Облако точек</b> → (Сшивки и очистка) → <b>Полигональная сетка</b> → (Постобработка/Обратный инжиниринг) → <b>Готовая CAD-модель (STEP/STL)</b></p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Первый этап – подготовка к сканированию. Если поверхность слишком блестящая, прозрачная или темная, ее покрывают матирующим спреем (сухим аэрозолем), чтобы сканер мог корректно уловить световой луч. На объект также могут наклеивать маркеры (целевые метки) – это необходимо, чтобы сканер мог «сшивать» отдельные кадры при вращении объекта или перемещении сканера.

Сканирование: 3D-сканером осуществляется сбор данных и физическое сканирование геометрии объекта. В зависимости от типа сканера (лазерный, структурированный свет, фотограмметрия) процесс может отличаться.

Устройство фиксирует миллионы точек на поверхности объекта – так создается массив данных, называемый «облаком точек» (Point Cloud), представляющий собой набор координат X, Y, Z, описывающих поверхность.

После сканирования полученные данные обрабатываются на специализированном ПО. Этот трудоемкий процесс может быть автоматизирован или выполняться в ручном режиме оператором.

**Сшивка (Alignment/Registration):** если объект сканировался с разных ракурсов, полученные облака точек необходимо совместить в единую систему координат. Это делается либо по наклеенным маркерам, либо по характерным геометрическим особенностям самой модели (безмаркерный режим).

**Очистка (Filtration):** удаление случайных точек («шумов»), возникших из-за отражений, вибраций или артефактов окружения (например, точек фона, на котором лежал объект).

**Создание сетки (Meshing):** программа соединяет соседние точки облака в треугольники (полигоны), формируя полигональную 3D-сетку (Mesh). Это уже визуально похоже на цифровую модель, но пока она состоит из миллионов мелких треугольников.

На этапе постобработки внешний контур – сетка или раздробленные части – превращается в инженерно-пригодный файл.

### **Применение 3D-сканеров.**

3D-сканеры чаще всего используются для создания сложных 3D-моделей, когда нет возможности точно произвести измерения ранее изготовленной детали или деталь повреждена.

Основные направления применения данной технологии:

- реверсивный инжиниринг (реверс-инжиниринг / Scan-to-CAD / обратное проектирование / reverse engineering) – создание чертежей и CAD-моделей для деталей, у которых нет документации);
- контроль качества (ОТК), сравнение готового изделия с исходным чертежом и 3D-моделью;
- в архитектуре – для создания точных цифровых копий зданий, памятников архитектуры и объектов культурного наследия для их сохранения и реставрации;
- в промышленности, дизайне – для разработки новых изделий;
- в медицине, стоматологии – для разработки индивидуальных протезов и имплантатов;
- в образовании, искусстве – для создания моделей для обучения, оцифровки экспонатов и др.

Кроме того, 3D-сканирование активно используется для исследований в судебной практике, изучения ископаемых останков, поиска древних затерянных городов, строений, создания 3D-моделей дна водных объектов. Применение данной технологии с каждым годом становится все более массовым.

## Литература

1. Концепция преподавания предметной области «Технология» в образовательных организациях Российской Федерации, реализующих основные общеобразовательные программы (утв. протоколом заседания коллегии Министерства просвещения Российской Федерации от 24 декабря 2018 № ПК-1вн).

2. Национальный проект «Кадры». – URL: <http://government.ru/rugovclassifier/916/about/>,  
<https://национальныепроекты.пф/new-projects/kadry/>

3. Нацпроект «Молодежь и дети». – URL: <http://government.ru/rugovclassifier/914/about/>,  
<https://национальныепроекты.пф/new-projects/molodezh-i-deti/>

4. Национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства». – URL: <http://government.ru/rugovclassifier/923/about/>,  
<https://национальныепроекты.пф/new-projects/ekonomika-dannykh/>

5. Нацпроект «Эффективная и конкурентная экономика». – URL: <http://government.ru/rugovclassifier/921/about/>, <https://xn--80aapampemcchfmo7a3c9ehj.xn--p1ai/new-projects/effektivnaya-i-konkurentnaya-ekonomika/>

6. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 31 мая 2021 №287 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования».

7. Распоряжение Министерства просвещения Российской Федерации от 18 мая 2020 № Р-44 «Об утверждении методических рекомендаций для внедрения в основные общеобразовательные программы современных цифровых технологий».

8. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 14 июля 2021 № 1913-р «Об утверждении Стратегии развития аддитивных технологий в Российской Федерации на период до 2030 г.»

9. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 2 декабря 2021 № 3427-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации образования, относящейся к сфере деятельности Министерства просвещения Российской Федерации».

10. Реализация инвариантного модуля «3D-моделирование, прототипирование, макетирование» учебного предмета «Труд (технология)». Основное общее образование : методические рекомендации / О.Н. Логвинова, Д.А. Махотин, У.Р. Иванова. – Москва : ФГБНУ «ИСРО», 2024. – 56 с. – URL: [https://edsoo.ru/wp-content/uploads/2024/10/realizacziya-invariantnogo-modulya\\_3d-modelirovanie-prototipirovanie-maketirovanie\\_uchebnogo-predmeta\\_trud-tehnologiya\\_5-9kl.pdf](https://edsoo.ru/wp-content/uploads/2024/10/realizacziya-invariantnogo-modulya_3d-modelirovanie-prototipirovanie-maketirovanie_uchebnogo-predmeta_trud-tehnologiya_5-9kl.pdf)

11. Федеральная рабочая программа основного общего образования «Труд (технология)» (для 5–9 классов образовательных организаций). – URL: [https://edsoo.ru/wp-content/uploads/2025/08/20\\_frp\\_trud\\_tehnologiya\\_5\\_9\\_klassy\\_itog\\_na\\_sajt.pdf](https://edsoo.ru/wp-content/uploads/2025/08/20_frp_trud_tehnologiya_5_9_klassy_itog_na_sajt.pdf)

*Научное издание*

**Логвинова** Ольга Николаевна, **Хаулин** Алексей Николаевич,  
**Князева** Александра Игоревна

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ  
НА УРОКАХ ТРУДА (ТЕХНОЛОГИИ)**

101000, г. Москва, ул. Жуковского, д. 16  
ФГБНУ «Институт содержания и методов обучения им. В.С. Леднева»  
Тел. +7(495)621–33–74  
[info@instrao.ru](mailto:info@instrao.ru)  
<https://instrao.ru>

Подготовлено к изданию 30.09.2026.  
Формат 60×90 1/8.  
Усл. печ. л. 1,9.

ISBN 978-5-908143-11-0